

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

STUDIUM FÁZOVÉHO ROZHRAŇÍ SUBSTRÁT – OCHRANNÝ POVLAK
STUDY OF THE PHASE BOUNDARY – LINE SUBSTRATE – PROTECTIVE
COATING

Student:

Lenka Koldová

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Lenka Koldová**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Specializace: 70 Strojírenská technologie
Téma: **Studium fázového rozhraní substrát - ochranný povlak**
Study of the Phase Boundary-line Substrate - Protective Coating

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte vlastnosti organických povlaků a sklokeramických povlaků.
2. Prostudujte mechanismus adheze těchto povlaků k ocelovému substrátu.
3. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
4. Provedte experimentální práce a jejich vyhodnocení.
5. Zpracujte technickou zprávu v rozsahu minimálně 25 stran.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.

BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.

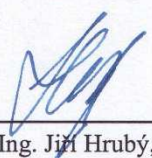
BOUŠE, V. a kol: *Smalty a jejich použití v protikorozi ochraně*. SNTL, Praha, 1986. 216 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011


prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

13.5.2011

Lenka Koldová

V Ostravě

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

13.5.2011

V Ostravě:.....

Lenka Koldová

.....

Adresa:

podpis

Lenka Koldová

Za Vodou 265/27

Mostkovice

798 02

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KOLDOVÁ, L. *Studium fázového rozhraní substrát – ochranný povlak*: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2011, 55 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Bakalářská práce se zabývá studiem fázového rozhraní substrát – ochranný povlak. Práce obsahuje teoretickou část, kde jsem prostudovala a popsala vlastnosti organických povlaků a sklokeramických povlaků, dále mechanismus adheze těchto povlaků k ocelovému substrátu. Na základě této teoretické části navazuje část experimentální. Praktická část se skládá z provedeního měření fázového rozhraní, kde byly porovnány dva rozdílné vzorky ocelového substrátu - standard a truba s výše uvedenými aplikovanými povlaky. Výsledky experimentální práce jsou zpracovány do tabulek a následně vyhodnoceny ve formě grafů. Na veškeré zkoušené materiály nám nátěrové systémy dobře přilnuly k povrchu. Na zaoblený tvar trubky nebylo možno použít pravítko.

BACHELOR THESIS ANNOTATION

KOLDOVÁ, L. *Study of the Phase Boundary – line Substrate – Protective Coating: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2011, 55 pages. Thesis head: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Bachelor thesis deals with studying the phase boundary – line Substrate – Protective Coating. The work includes a theoretical part, where I studied and described the properties of organic and ceramic coatings, as well as the adhesion mechanism of these coatings to the steel substrate. The basis of this theoretical part is followed by experimental data. The practical part is consist of measurements made by the phase boundary, where were compared to two different samples of the steel substrate – Standard and tubes above applied coatings. The results of experimental work are presented in tables and then evaluated in the form of graphs. At all materials us paint systems well to sticks to the surface. The rounded shape of the tubes was not possible to use a ruler.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	8
1 ÚVOD	9
2 POVRCH A JEHO VLASTNOSTI	10
2.1 Definice povrchu.....	10
2.2 Struktura povrchu	10
2.3 Geometrické a mechanické vlastnosti povrchu	11
3 PŘEDBĚŽNÉ ÚPRAVY POVRCHŮ	12
3.1 Mechanické úpravy povrchu.....	12
3.1.1 Otryskávání.....	12
3.1.2 Omílání	13
3.1.3 Broušení, leštění, kartáčování.....	14
4 ORGANICKÉ POVLAKY	16
4.1 Nátěrové hmoty a nátěry.....	16
4.1.1 Složení nátěrových hmot	16
4.1.2 Nanášení nátěrových hmot	19
5 SKLOKERAMICKÉ POVLAKY	21
5.1 Definice smaltů	21
5.2 Druhy smaltů.....	21
5.3 Nanášení smaltů	22
6 NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ	23
7 POPIS A HODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ	24
7.1 Příprava vzorků.....	24
7.2 Hodnocení povrchu podkladového materiálu	24
7.2.1 Hodnocení povrchu vzorku S355J2H (11 503, truba).....	25
7.2.2 Hodnocení povrchu vzorku ZP10 mikročástice	26
7.2.3 Hodnocení povrchu vzorku ZP10 nanočástice	27
7.2.4 Hodnocení povrchu vzorku plech standard	28

7.3	Prašnost povrchu vzorků dle ČSN ISO 8502 – 3.....	29
7.4	Měření drsnosti povrchu vzorku dle ČSN ISO 4287	29
7.5	Stanovení tloušťky nátěru suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808	33
7.6	Mřížková zkouška a křížový řez dle ČSN EN ISO 16276 – 2	33
7.7	Nanoindentační zkouška	45
7.8	Fázové rozhraní.....	48
7.9	Korozní zkouška v solné mlze dle ČSN ISO 9227	49
7.10	Hodnocení puchýřkování povrchu dle ČSN EN ISO 4628 – 2	49
7.11	Degradace nátěrů dle ČSN EN ISO 4628 – 8 (zkouška řezem)	50
8	ZÁVĚR	51
	LITERATURA.....	53
	SEZNAM PŘÍLOH	54

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

ZNAK	VELIČINA	JEDNOTKA
ČSN	Česká státní norma	—
EN	Evropská norma	—
ISO	Mezinárodní norma	—
O	kyslík	—
Si	křemík	—
Mn	mangan	—
Fe	železo	—
C	uhlík	—
P	fosfor	—
S	síra	—
Al	hliník	—
Zn	zinek	—
Re	mez kluzu	MPa
Rm	mez pevnosti	MPa
A ₅	tažnost	%

1 ÚVOD

Jen co lidé ovládli oheň, začali ho využívat, co by zdroj tepla a přípravu potravin. A to byl impuls k využívání dalších darů přírody. Jedním z darů co nám příroda nadělila, byly kovy. Od jednoduchého sbírání rudy na povrchu, až po dobývání z hlubin Země. [12]

Povrch nám určuje vzhled a tvoří rozhraní mezi základním materiálem a okolím. Při běžném používání výrobků dochází ke vzájemnému styku základního materiálu s okolním prostředím a následně tedy k povrchové korozi. Vůbec nejdůležitějším kovem na zemi je železo, které se používá ve formě litin a oceli. Železo při styku se vzduchem podléhá korozi. Na povrchu železných předmětů se snadno vytváří rez. Rez postupně opadáva a znovu odhaluje povrch. Koroze železa tak pokračuje. Abychom zabránili korozi, musíme železo chránit nátěrem, mazáním, lakem, olejem, smaltováním nebo pokovováním. Povrchové úpravy materiálů mají vysoký podíl na výsledné kvalitě a vzhledu výrobku. Ovlivňují především živostnost, provozní spolehlivost a nároky na údržbu.

Moderní doba přináší nové trendy designu. Tím vším je ovlivněn současný rozvoj výrobních technologií a zařízení.

Technologie povrchových úprav materiálů dělíme na mechanické, chemické a elektrochemické. Trendem současnosti je především nenáročné a ekologicky nezatěžující řešení povrchových úprav, které nám přináší vývoj speciálních odvětví technologie povrchových úprav. Nové technologie jsou zkoumány a zaváděny do praxe.

Vhodná volba správné předúpravy povrchu má zásadní vliv na úspěšnou a kvalitní aplikaci povrchových úprav a na vlastnosti povlakových systémů.

V dnešní době je při volbě technologie povrchové úpravy kladen velký důraz nejen na výslednou kvalitu, ale i na celkovou ekonomickou náročnost a současně na nízkou ekologickou zátěž životního prostředí. Povrchové úpravy materiálu patří mezi běžné technologické procesy, které nám umožňují získat nové (lepší a kvalitní) vlastnosti povrchu jako je např. zvýšení odolnosti proti korozi, zlepšení funkčních vlastností, zvýšení odolnosti proti opotřebení, úpravy elektrické vodivosti, optických vlastností povrchu, lepší třecí vlastnosti. Dále jsou povrchové úpravy často využívány k docílení požadovaného designu.

2 POVRCH A JEHO VLASTNOSTI

2.1 Definice povrchu

Povrch hodnotíme jako obálku makroskopického objektu, která tvoří hranici mezi základním materiálem a okolím. Povrch objektu určuje jeho vzhled a tvoří rozhraní mezi dvěma fázemi. U velkých objektů s malým poměrem povrchu k jeho objemu jsou fyzikální a chemické vlastnosti povrchu určeny především vlastnostmi základního materiálu. U malých objektů s velkým poměrem jsou jejich vlastnosti výrazně ovlivněny povrchem. Funkční vlastnosti povrchu nejsou závislé jen na vnější vrstvě, která tvoří rozhraní, ale také na oblasti směřující pod povrch. Využití charakteristik povrchu směrem do hloubky materiálu je jistým stupněm klasifikace povrchu, kterému odpovídá i rozdělení oblasti povrchu. [1]

Tab. 2.1 – Oblasti povrchu [1]

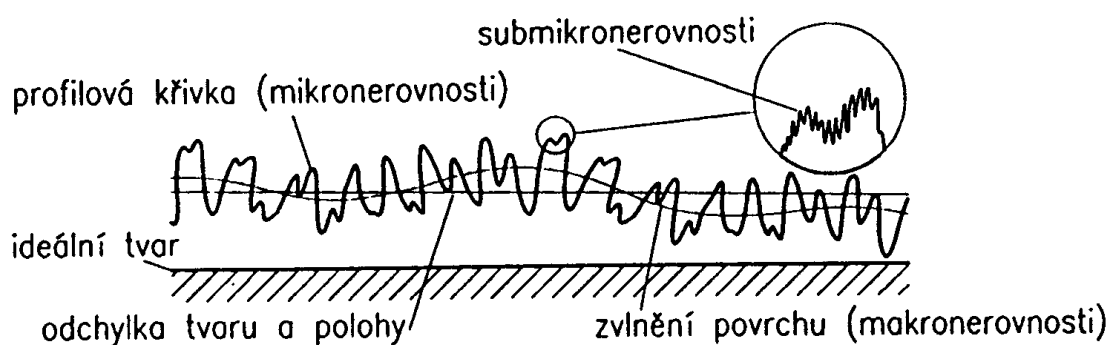
Oblast	Rozměr	Funkční ovlivnění
Horní vrstva	0,1 nm	Adsorbce, chemická reaktivita
Tenký film oxidace	0,1 ÷ 100 nm	Odrazivost, tření, koroze, tepelná vodivost
Vnější povrch. vrstva	0,1 ÷ 10 μm	Deformace struktury
Celková vrstva	> 100 μm	Adheze, nátěry

2.2 Struktura povrchu

Volný povrch kovů představuje zpravidla povrch velkého souboru zrn, tvořících rozhraní mezi pevnou fází a okolím. Povrch takového tělesa i z chemicky čistého kovu je fyzikálně velmi složitý systém. Relativně nejjednodušší je situace u monokrystalů, jejich hraniční roviny jsou určeny typem mřížky a orientací. Podrobným zkoumáním monokrystalů zjistíme, že žádná krystalografická rovina není v atomárních rozměrech dokonale geometricky hladká. V přítomnosti plynů budou pak povrchy reagovat podle typu materiálu a charakteru mřížkové roviny; tedy jejich interakce může být různá i u jednoho kovu. [2]

2.3 Geometrické a mechanické vlastnosti povrchu

Z hlediska funkce součásti jsou v mnoha případech geometrické vlastnosti povrchu rozhodující (např. v optice) nebo velmi důležité (únava, tření atd.). Jestliže ani povrch monokrystalů s úplnými atomovými rovinami nemůžeme považovat za dokonale rovný, tak nám vznikne větší rozdíl u polykrystalického materiálu, kde se navíc vytváří vrstvy odlišných vlastností, struktury i složení. Odchytky od ideální rovinnosti mohou vznikat při přípravě povrchu nebo výrobě součástí, ale také jako důsledek změn vyvolaných vnějšími silami nebo prostředím. Při plastické deformaci vznikají nerovnosti skluzových pásů, při leštění povrchu monokrystalů může vznikat polykrystalická vrstva s mnoha poruchami. [2]



Obr. 2.1 – Geometrie povrchu – základní pojmy [2]

Použitý výrobní postup, nástroj a stroj určují charakter opracovaného povrchu pro daný materiál. Při obrábění vznikají na povrchu charakteristické nerovnosti, které jsou důsledkem vzájemného pohybu nástroje a obrobku. Po opracování je povrch zvlněn makronerovnostmi (zvlnění povrchu) a rýhy vytvořené nástrojem považujeme za mikronerovnosti (profilová křivka). [2]

3 PŘEDBĚŽNÉ ÚPRAVY POVRCHŮ

Povrch kovů je znečištěn látkami, které jsou vázány k povrchu mechanicky (mastnoty, prach, zbytky past, mazadel, atd.) anebo chemicky (okuje, rez, oxidy atd.). Než začneme s aplikací povrchových úprav, musí být povrch zbaven všech nečistot a vytvořit tak kovově čistý povrch. [3]

3.1 Mechanické úpravy povrchu

Účelem mechanických úprav je zbavení povrchu všech nežádoucích nečistot vázaných k povrchu materiálu tzv. „chemisorbcí“ (tj. korozní zplodiny, především okuje a rez). Takto upravená povrchová vrstva nám zaručí lepší podmínky pro zakotvení následně nanášeného povlaku. Zlepšení mechanických vlastností (meze únavy, zvýšení pevnost). Vytvořit na povrchu vzhledové požadavky. Mezi mechanické úpravy povrchu patří tryskání, omílání, broušení, kartáčování a leštění. [3]

3.1.1 Otryskávání

Otryskávání je mechanický způsob úpravy povrchu, při kterém jsou na předmět vrhána velkou rychlostí volná zrna tryskacího materiálu. Kvalitní výsledek aintenzita čištění povrchu závisí na tvaru zrn, druhu otryskávacího materiálu, kinetické energii, na úhlu dopadu a na vzdálenosti tryskacího zařízení od předmětu. V praxi rozlišujeme dva typy tvaru tryskacích materiálů, kdy zrna mohou být ostrá nebo naopak zaoblená. Ostrá a tvrdá zrna způsobují čištění povrchu a odstraňují z něj i částice kovu tím, že se do povrchu zasekávají. Naopak při dopadu tupých a tvrdých zrn se povrch otloukáním očistí, ale povrch je pokryt malými důlky. Po otryskání je předmět zbaven nečistot, rzi, okují a výsledný povrch je drsný a pokrytý malými krátery. Kulatá zrna čistí a zpevňují povrch. [3]

Tryskací materiál volíme podle stupně znečištěného povrchu a tloušťky stěn. Předměty tenkostěnné a měkčí materiály se otryskávají pod nízkým tlakem. Výkon otryskávání můžeme regulovat tlakem, velikostí zrn, úhlem a vzdáleností tryskání. Jako tryskací materiál používáme křemičitý písek, litinová drť, brusiva (karbid křemíku, umělý korund), sekaný drát, balotina a speciální materiály (drť z pecek). [3]

3.1.2 Omílání

Omílání je mechanický způsob úpravy povrchu, spočívající ve vzájemném odírání malých předmětů (oblých tvarů). Předměty se navzájem odírají s omílajícími tělesy s přídavkem brusiva a kapaliny v otáčejícím se bubnu nebo zvonu. Při omílání větších předmětů asi nad 1 kg je možné omílat, ale musí být upevněny v přípravku v omílacím zařízení. [3]

Omílání se používá pro leštění a odjehlování výrobků, k odstranění zbytků tavidel po svařování, odstranění zbytků korozních zplodin, vyhlazení a zpevnění povrchu. [3]

Výhody

- odstraňuje se složité ruční broušení a leštění
- nízké výrobní náklady
- zvyšuje se výrobnost
- nízká zmetkovitost
- zpevňuje se povrch a zvyšuje se korozní odolnost

Nevýhody

- nerovnoměrný úběr z povrchu předmětu, který je největší na hranách. Nemohou se omílat předměty, u nichž otupení hran znamená poškození výrobku.
- možnost poškození členitých výrobků

Omílacím materiálem používáme přírodní nebo umělé kameny (křemen, žula, čedič, vápenec, umělý korund, kovová tělesa, organické hmoty, textil, dřevěné piliny). Omílací kameny a tělesa se za nějaký čas omílání rychle obrousují a vyhlazují, a tím jejich ubírací schopnost klesá. Následně přidáváme vhodná brusiva – umělý korund, smírek, křemenný písek. Poměr počtu součástí a omílacích těles se volí obvykle 1:3, (u těžších předmětů 1:10 až 1:30). Provádíme i mokré omílání za pomoci kapaliny, která smáčí povrch materiálu, tlumí nárazy na předměty a omílací tělesa. [3]

K omílání se používá bubny a zvony a podle jejich pohonu mluvíme o rotačním, vibračním nebo odstředivém omílání. Omílání se provádí v bubnech s horizontální osou, osa rotace je skloněna pod určitým úhlem. Pro leštění používáme bubny válcové. [3]

3.1.3 Broušení, leštění, kartáčování

Jedná se o mechanické úpravy povrchu, které se používají jako úpravy před vytvářením povlaku nebo jako konečné úpravy. Jde o odstranění nerovnosti povrchu, který nám umožňuje dosažení lepšího lesku. [3]

- **Broušení**

Je třískové obrábění povrchu nástrojem, který je opatřen brusivem. Jako materiály brusiva používáme umělý korund, karbid křemíku, karbid boru, kubický nitrid boru a diamant (přírodní i umělý). Broušení můžeme provádět ručně nebo strojně. Ruční broušení má nejmenší náklady a mělo by sloužit pouze k dočišťování povrchu. Účelem broušení je dosáhnout na povrchu požadované drsnosti. Z drsnosti povrchu $1\mu\text{m}$ a více lze dosáhnout drsnosti povrchu $0,4 - 0,2\mu\text{m}$. Pro broušení používáme různé typy brusných kotoučů nebo pásů, mohou být plstěné, dřevěné a látkové, na kterých je nalepeno brusivo. [3]

Volbu brousícího kotouče volíme podle:

- Tvar a velikost – podle tvaru broušené plochy
- Brusivo a tvrdost – podle materiálu obrobku (tvrdý obrobek a složitý předmět – měkčí kotouč)
- Velikost zrna – podle kvality obrobené plochy a výkonu broušení (větší zrno – vyšší výkon, ale horší kvalita)

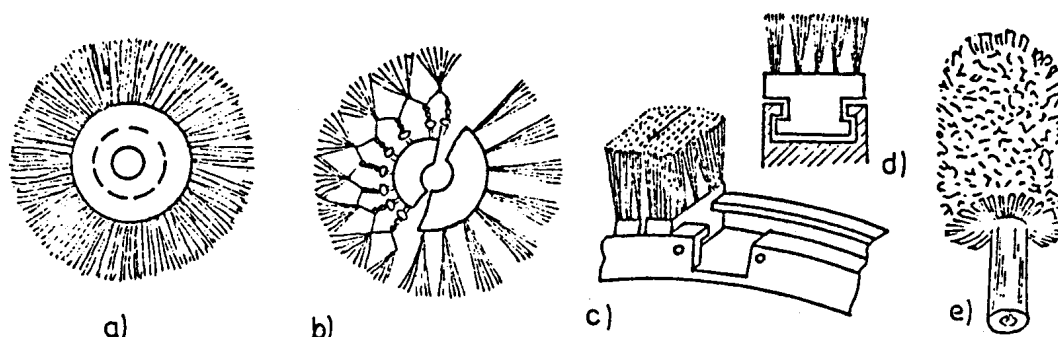
Postup při vybrušování volíme podle nerovnosti povrchu. Postupujeme od hrubších brusiv k jemnějším. Hrubování a hlazení má odstranit větší a střední nerovnosti. Jemné hlazení se používá u oceli jako úprava pro galvanické povlaky. Jako poslední operací je jemné předleštění, před leštěním např. ocelí a nerezavějících ocelí. [3]

- **Leštění**

Leštěním získáváme konečné požadované jakosti povrchu. Leštěním dochází k nižšímu úběru materiálu, jde o odstraňování nejmenších stop po předchozí operaci. Dosahujeme velmi nízké drsnosti a vysokého lesku. Při prvním leštění (předlešťování) se používají tvrdší látkové kotouče, mastnější a ostřejší pasty a vyšší obvodová rychlost. Pro dolešťování použijeme naopak měkké kotouče, sušší a jemnější pasty a menší obvodové rychlosti. Zvolený typ a materiál leštícího kotouče ovlivňuje charakter povrchu. [3]

- **Kartáčování**

Kartáčování se používá k odstranění hrubých nečistot, např. rzi, starých nátěrů apod. Převážně používáme kartáče s ocelovými dráty. Kartáče s jemnými dráty např. mosaznými používáme pro matovou úpravu povrchu. Znečištěné kartáče čistíme odmašťováním nebo mořením. Kartáčováním zjemníme upravovaný povrchu před leštěním a tím dosáhneme stejnosměrný vzhled. Používáme tedy kartáče s přírodními nebo umělými vlákny (fibr, sisal, silon, žíně) mazané brusnými pastami. Kartáčováním nelze dosáhnout úplného odstranění všech nečistot. [3]



Obr. 3.1 – Druhy kartáčů – a) fibrový b) drátěný s polétavými svazečky c) s dlouhými svazečky d) s vyměnitelnými svazečky e) drátěné štětky [2]

4 ORGANICKÉ POVLAKY

Ochrana oceli nátěrem je nejběžnější a ekonomicky nejvhodnější způsob ochrany výrobků před korozí. Nátěry zamezují přístupu vody a agresivních složek k povrchu kovu, které nikdy nejsou úplně bezpórovité. Proto antikorozní pigmenty a inhibitory koroze zneškodňují agresivní složky, které proniknou vrstvou nátěrů k povrchu kovu. Tím zpomalují nebo zastavují průběh koroze. Povlaky z plastických hmot neobsahují antikorozní pigmenty. Mechanismus ochranného působení je bezbariérový a proto jejich povlaky musí být úplně bezpórovité. [3]

4.1 Nátěrové hmoty a nátěry

Nátěrovými hmotami chráníme povrch výrobků před korozí. Nátěr je hotový, ucelený ochranný povlak. Nátěr může být jednovrstvý nebo vícevrstvý. Jeho funkce jsou ochrana materiálu před různými vlivy, delší životnost a lepší vzhled (estetika) výrobku. [3]

Nátěrové hmoty jsou organické látky různých druhů, které jsou nanášeny na povrch materiálu v tekutém nebo těstovitém stavu. Po vyschnutí zůstává na povrchu souvislý a tenký povlak zvaný nátěrový film. [3]

Podle účelu nátěru rozeznáváme nátěr:

- Ochranný
- Dekorativní
- Signální
- Maskovací
- Speciální – (elektrovodivý, světélkující)

4.1.1 Složení nátěrových hmot

Rozdělujeme nátěrové hmoty podle:

1) Filmotvorné složky

- A – asfaltové
- B – polyesterové
- C – chlórkaučukové
- K – silikónové
- L – lihové

- O – olejové
- S – syntetické
- U – polyuretanové
- V – vodové (emulzní)

2) Obsah pigmentu

- a) Pigmentové – tvoří neprůhledný film, který má nízký obsah pigmentu – nazývá se email. Vysoký obsah pigmentu se nazývá tmel. Obsahují antikorozi pigmenty a plniva (dávají barevný nátěr)
- b) Transparentní – průhledný nátěrový film, který nazýváme lak nebo fermež. Obsahují jen pojiva nebo jejich roztoky v organických rozpouštědlech (dávají bezbarvé povlaky)

3) Způsob nanášení

- Nanášení štětcem
- Nanášení stěrkou (tmely)
- Nanášení elektroforézou
- Nanášení máčením a poléváním
- Stříkací

4) Klimatická odolnost

- a) Vnitřní – neodolávají povětrnostním podmínkám
- b) Venkovní – odolávají povětrnostním podmínkám

5) Pořadí nátěrových vrstev

- Napouštěcí
- Základní
- Podkladové
- Vrchní

Nátěrové hmoty se skládají ze složek:

- a) Filmotvorné složky (pojiva) – jsou převážně netěkavé látky, které mají schopnost vytvořit tenkou vrstvu. Po zaschnutí vytváří tuhý souvislý film různé tloušťky. Různá pojiva se od sebe liší chemickým složením a fyzikálními vlastnostmi. Požadované vlastnosti nátěru se často dosahují kombinací různých filmotvorných látek. [3]

Filmotvorné látky jsou:

- Vysychavé oleje – lněný, konopný, makový
 - Přírodní živice (pryskyřice) – kalafuna, šelak, kopal
 - Umělé živice – silikony, akryláty, polystyrény
 - Deriváty celulózy – nitrocelulóza, etylcelulóza, acetylcelulóza
 - Asfalty – přírodní asfalty, smoly
- b) Těkavé složky a rozpouštědla – používají se na rozpouštění pojiv při výrobě nátěrových hmot a na úpravu jejich viskozity a konzistence. Nejvíce používáme rozpouštědla – benzín, benzén (toluén), alkoholy (etanol), ketony (aceton), estery kyseliny octové. [3]
- c) Pigmenty – jsou to organické nebo anorganické částičky, které jsou jemně rozptýleny v pojivě. Dávají nátěrům barevný odstín, krycí schopnost, tvrdost, snižuje stárnutí nátěrů, zvyšuje tepelnou a korozní odolnost. [3]

Rozdělení do tří skupin:

- Inhibitorové pigmenty – (suřík, zinková žluť, kyanid olovnatý, zinkový prach, ortoolovičitan vápenatý)
 - Neutrální pigmenty – (chrom olovnatý, titaničitan olovnatý, titanová a zinková běloba, kysličníky železa)
 - Stimulující pigmenty – (grafit, saze, některé oxidy železa)
- d) Plnidla – jsou převážně jemně rozemleté minerální látky (těživec, mastek, křída), které nejsou nerozpustné v pojivech. Vhodně upravují technologické vlastnosti nátěrového povlaku (např. zabraňují smrštění filmu po uschnutí atd.). [3]

- e) Aditiva – sušidla, emulgátory, stabilizátory, zvláčňovadla jsou pomocné přísady do nátěrových hmot, které obsahují vysychavé oleje. Používají se při výrobě fermeží olejových nátěrových hmot. Základní účinnou složkou jsou kovová mýdla nebo jejich roztoky v organických rozpouštědlech. [3]

4.1.2 Nanášení nátěrových hmot

Technologie nanášení nátěrových hmot ovlivňuje životnost nátěrů a jakost. Při volbě správného nanášení přihlížíme k povaze nátěrových hmot, k natírání předmětů a dalším technologickým postupům. Máme mnoho způsobů nanášení nátěrových hmot, které mají své výhody a nevýhody. Znečištění povrchu mastnotami zpomaluje zasychání nátěrů a brání jejich dokonalému zakotvení na kovovém povrchu. Obdobně působí i zbytky starých nátěrů, prach, korozní zplodiny (rez, okuje). [2]

Rozdělení nanášení nátěrových hmot:

- a) Štětcem – patří mezi nejstarší a nejpoužívanější způsoby nanášení. Vyžaduje řemeslnou práci, vhodné odborné udržování kvalitním štětcem. Štětce se vyrábí v různém provedení a velikostech. Delší štětiny používáme pro řidší nátěrové hmoty a kratší štětiny používáme pro hustší nátěrové hmoty. Délka štětín by neměla být delší než 5 cm. Výhodou nanášení štětcem je, že jsou minimální ztráty nátěrové hmoty, dosahují dokonalého rozpracování nátěrové hmoty, jejich rozetření a přilnutí do pórů materiálu. Docílujeme tím dokonalé soudružnosti nátěrů k podkladovému materiálu. Nevýhodou je velká prašnost. [3]
- b) Navalováním – tato metoda je vhodná pro nanášení nátěrových hmot především na hladké a rovinné plochy. Nátěrové hmoty nanášíme převážně třemi válci za použití navalovacích strojů. Nanášecí válec je ze speciální gumy. Nátěrová hmota se dává do stroje čerpadlem ze zásobní nádrže. Ředidla nesmí obsahovat aromatické uhlovodíky, aby se gumové válce nerozleptávaly. Výhodou jsou malé ztráty při nanášení a možnost dokonalé automatizace a mechanizace. [3]

- c) Namáčáním – tato metoda je velmi jednoduchá. Předmět ponoříme do nádrže s nátěrovou hmotou a potom jej rovnoměrnou rychlostí vynořujeme. Po vytvoření přebytečná nátěrová hmota steče a zbytek vytvoří nátěr. Tloušťka nátěru je závislá na rychlosti vynořování. Máčení používáme především pro velkosériovou výrobu – odlitků, díly jízdních kol, disky automobilových kol. [3]
- d) Poléváním – tato metoda je podobná metodě máčení. Poléváním můžeme nanášet velké rozměry výrobků. Výrobky jsou zavěšeny na dopravníku a procházejí tunelem, kde rovnoměrně z výrobku osprchují nátěrovou hmotou. Nevýhodou je postup klínovitosti nátěru, tvoří se stékance a kapky na hranách. [3]
- e) Pneumatickým stříkáním – dnes je to nejrozšířenější způsob nanášení, vhodný pro rychle schnoucí nátěrové hmoty celulózové i syntetické. Nejvíce se nám hodí pro velké plochy, kde dosahujeme rovnoměrného nástřiku a velmi hladkého povrchu. Základem stříkacích zařízení je stříkácí pistole. Proud nátěrové hmoty je strháván proudícím stlačeným vzduchem. Vytváří se zde kužel jemných kapek, které dopadají na stříkaný předmět a slévají se v souvislý povlak. Nedostatkem stříkání je rozprašování nátěrové hmoty do vzduchu a ztráty rozpouštědla. Nátěrová hmota, je určena ke stříkání a musí být dostatečně zředěna. Stříkání provádíme ve stříkacích kabinách. Kabiny dělíme na stolové, podlahové, tunelové. [3]
- f) Stříkání ohřátých nátěrových hmot – tímto způsobem nanášení se konzistence nátěrových hmot nesnižuje přidávkou ředidla, ale ohřátím nátěrových hmot na danou teplotu. Nátěrové hmoty můžeme bezpečně ohřát na 70 – 80°C. Výhodou této technologie je, že dosáhneme větší tloušťky nátěrové hmoty v jedné vrstvě, čím snížíme počet vrstev v nátěrovém systému, je zde minimální ředění nátěrových hmot. Nevýhodou nanášení je malá vhodnost pro výrobu, kde často měníme druh a odstín nátěrové hmoty. [3]

5 SKLOKERAMICKÉ POVLAKY

Rostoucí agresivita prostředí vede ke zvýšenému koroznímu namáhání průmyslových výrobků, strojů a zařízení. Ubývá zde surovin a možnosti výroby korozi odolávajících materiálů jsou omezené a ekonomicky náročné. V současnosti se ve strojírenství a v automobilovém průmyslu neobejdeme bez materiálů, které odolávají koroznímu a eroznímu prostředí při vysokých teplotách. Celá řada konstrukčních materiálů pracuje v podmínkách vysokoteplotní koroze (např. součásti kotlů, pecí, spalovacích turbín a motorů). V těchto případech mohou povrchové systémy na bázi sklovitých a sklokeramických povlaků poskytovat dostatečnou protikorozní ochranu kovového materiálu. [4]

5.1 Definice smaltů

Smalt je sklo poměrně složitého chemického složení, které se nanáší na kovový podkladový materiál. Vytvoření sklokeramického povlaku (smalt) je spojení dvou různých materiálů což je kov a sklo. Spojení mezi kovem a smaltem vzniká tepelným zpracováním při teplotách 800 – 900°C. [4]

5.2 Druhy smaltů

Základní složka smaltového povlaku je smaltařská frit. Je to sklovitý anorganický materiál, který vzniká tavením směsi smaltařských surovin. Chladí se nalitím taveniny do vody (granálie) nebo mezi válce chlazené vodou (šupiny). Chemické složení smaltařské frity ovlivňuje vlastnosti smaltového povlaku. Smalty dělíme podle složení a podle druhu kovu, pro který je povlak určen. [5]

Rozdělení smaltů:

- Smalty na ocelový plech
 - Základní – konvenční, speciální
 - Krycí – základní, polotransparentní, transparentní
 - Jednovrstvé (přímé) – konvenční

- Smalty na šedou litinu
 - Základní – slinované, tavené
 - Krycí
 - Jednovrstvé (přímé)
 - Pudrem
- Smalty na neželezné kovy
 - Hliník
 - Měď a mosaz
 - Ostatní

5.3 Nanášení smaltů

Vrstva smaltu na povrchu podkladového kovu se vytváří různými technologickými metodami, které se od sebe liší způsobem přípravy smaltovacích materiálů před nanášením. [5]

Rozdělení nanášení smaltů:

Základní rozdělení je ve dvou skupinách.

- Za mokra
 - Stékačí metody – máčení, polévání, vakuové nanášení
 - Stříkačí metody – ruční, automatické, elektrostatické
 - Elektroforetickou metodou
- Za sucha
 - Sypáním
 - Fluidací

6 NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

- | | |
|-----------------------|---|
| Čištění vzorků | - broušený |
| Povrch vzorku | - čistota povrchu dle ISO 8501-1, makrosnímek zvětšení 100x
- prašnost povrchu dle ČSN ISO 8502-3
- drsnost povrchu vzorku dle ISO 8503
- (drsnoměr Mitutoyo Surf-test-301-dle ČSN EN ISO 4287) |
| Nanášení barev | - štětcem
- pravítkem
- stříkáním |
| Zkoušky nátěrů | - stanovení tloušťky nátěru suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808
- mřížková zkouška dle ČSN EN ISO 16276-2
- křížový řez dle ČSN EN ISO 16276-2
- studium fázového rozhraní
- nanoindentace
- korozní zkouška v solné mlze dle ČSN ISO 9227
- degradace nátěrů dle ČSN EN ISO 4628-8
- stupeň puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2 |

7 POPIS A HODNOCENÍ EXPERIMENTÁPNÍCH PRACÍ

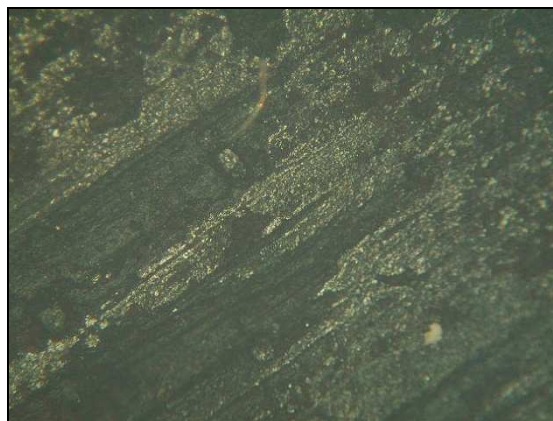
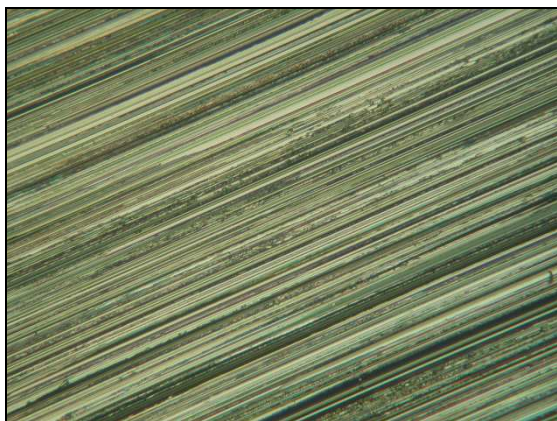
Pro experimentální práci jsme použily vzorek standard o rozměrech 152 x 102 x 0,8 mm a vzorek trubky o rozměrech 100 x 150 x 6,3mm. Truba je vyrobená z materiálu S355J2H (11 503). Vzorky trubky byly dodané firmou VÁLCOVNA TRUB TŽ, a.s. Celkem jsme zhodnotili 25 vzorků.

7.1 Příprava vzorků

Vzorky standard měly provedenou předúpravu broušením a byly odmaštěné. Podkladový materiál trubky nebyly mechanicky čištěny z důvodu simulace nanášení přímo na vyválnované trubky v průběhu výroby. Žádný ze vzorků nevykazoval zamaštěný povrch. Nátěry byly tedy nanесeny na očištěný povrch vzorků. Na všechny vzorky se nátěrové hmoty nanášeli jen z jedné strany. Na vzorky jsme nanесли barvu pomocí štětce, pravítka a stříkáním.

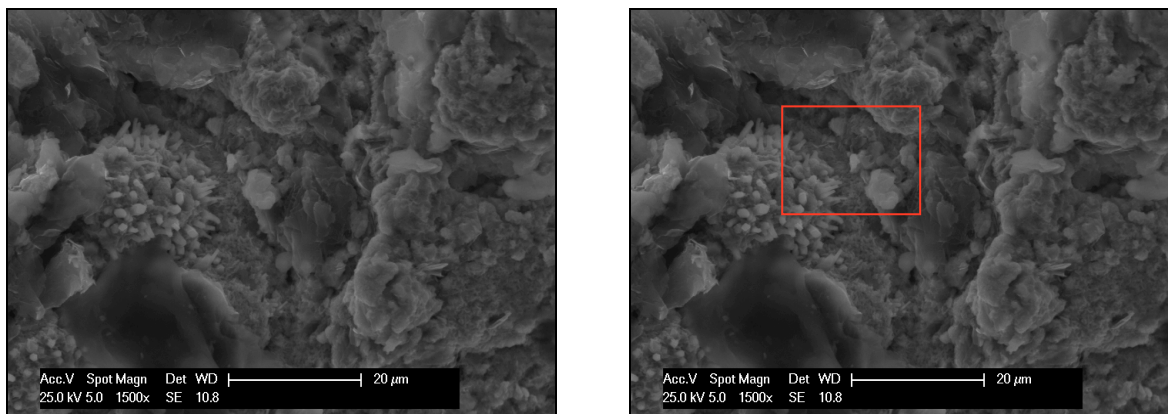
7.2 Hodnocení povrchu podkladového materiálu

Chemické složení vzorků s fotografickou dokumentací bylo měřeno pomocí elektronového mikroanalyzátoru EDAX, COU LEAP DETECTOR.

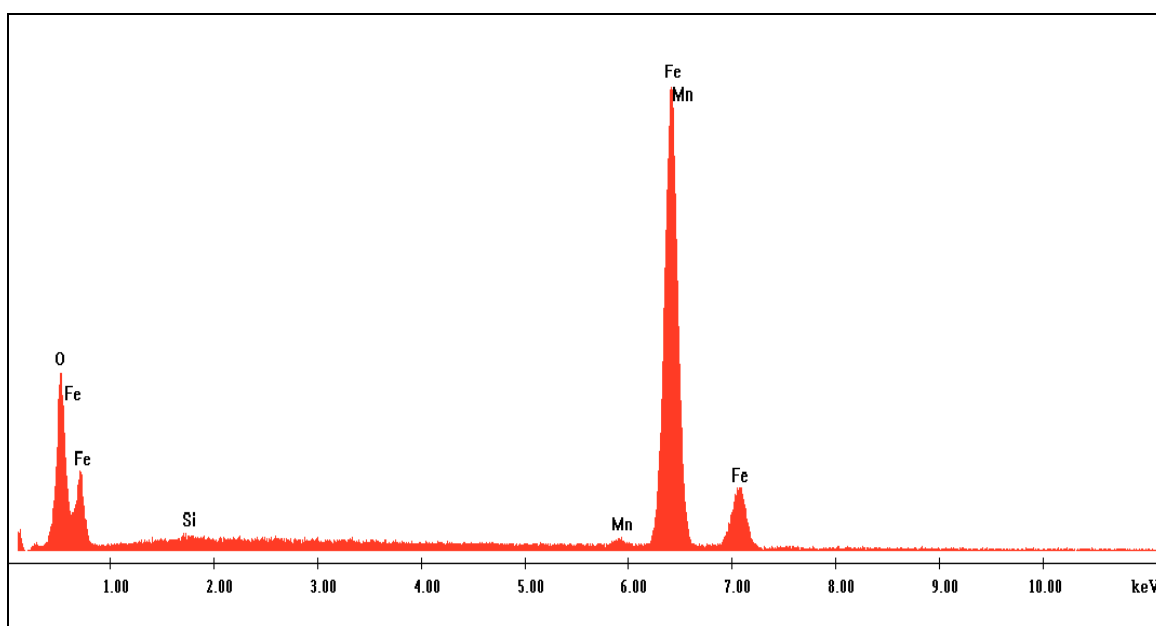


Obr. 7.1 – a) Makrosnímek povrchu materiálu – Standard ve zvětšení 100x,
b) Makrosnímek povrchu materiálu – Truba ve zvětšení 100x

7.2.1 Hodnocení povrchu vzorku S355J2H (11 503, truba)



Obr. 7.2 – a) Zvětšení povrchu vzorku 1500x, b) označení plochy



Obr. 7.3 – Chemická analýza povrchu (viz Obr. 7.2)

Tab. 7.1 – Chemická analýza povrchu (viz Obr. 7.2)

S355J2H (Obr. 7.2)		
EDAZ ZAF Quantification, Standardless		
Element Normalized		
SEC Table: Default		
Element	Wt [%]	At [%]
O	29,49	59,16
Si	0,56	0,64
Mn	1,1	0,64
Fe	68,85	39,56

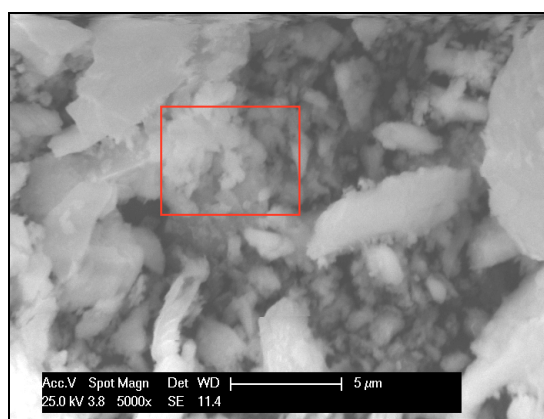
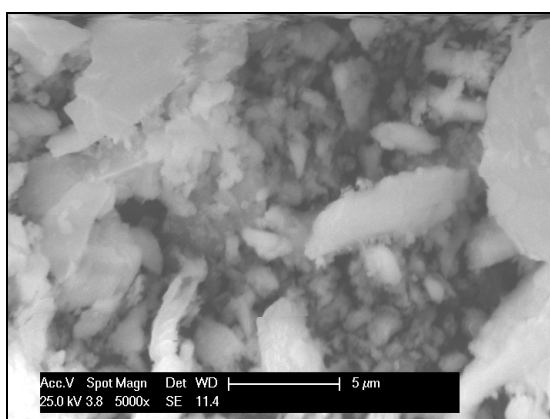
Tab. 7.2 – Chemické složení oceli S355J2H

Chemické složení						
Prvek	C	Mn	Si	P	S	Al
Obsah [%]	0,022 max.	1,60 max.	0,55 max.	0,03 max.	0,03 max.	0,02 min

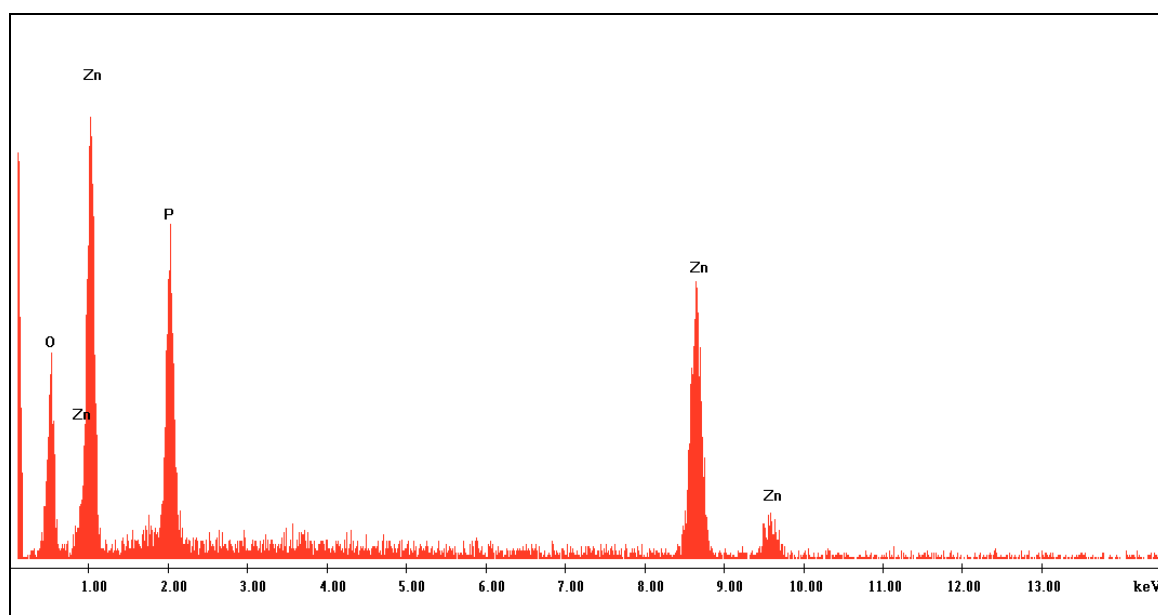
Tab. 7.3 – Mechanické vlastnosti oceli S355J2H

Mechanické vlastnosti	
Mez kluzu Re min [MPa]	355
Mez pevnosti v tahu Rm [MPa]	470 - 630
Tažnost A ₅ [%]	22

7.2.2 Hodnocení povrchu vzorku ZP10 mikročástice



Obr. 7.4 – a) Zvětšení povrchu vzorku 5000x, b) označení plochy

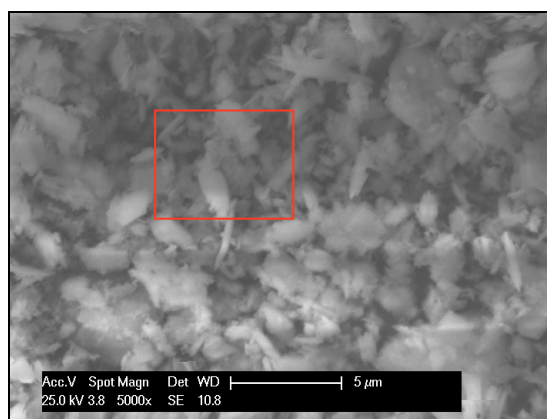
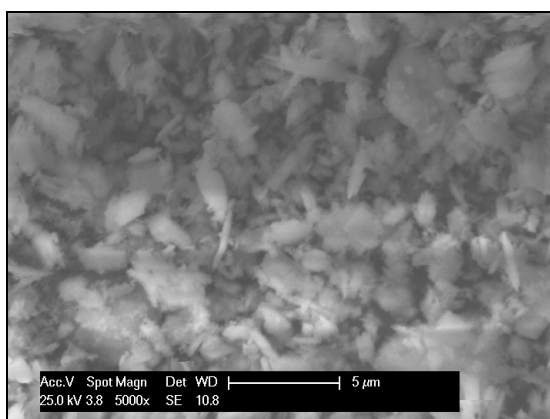


Obr. 7.5 – Chemická analýza povrchu (viz Obr. 7.4)

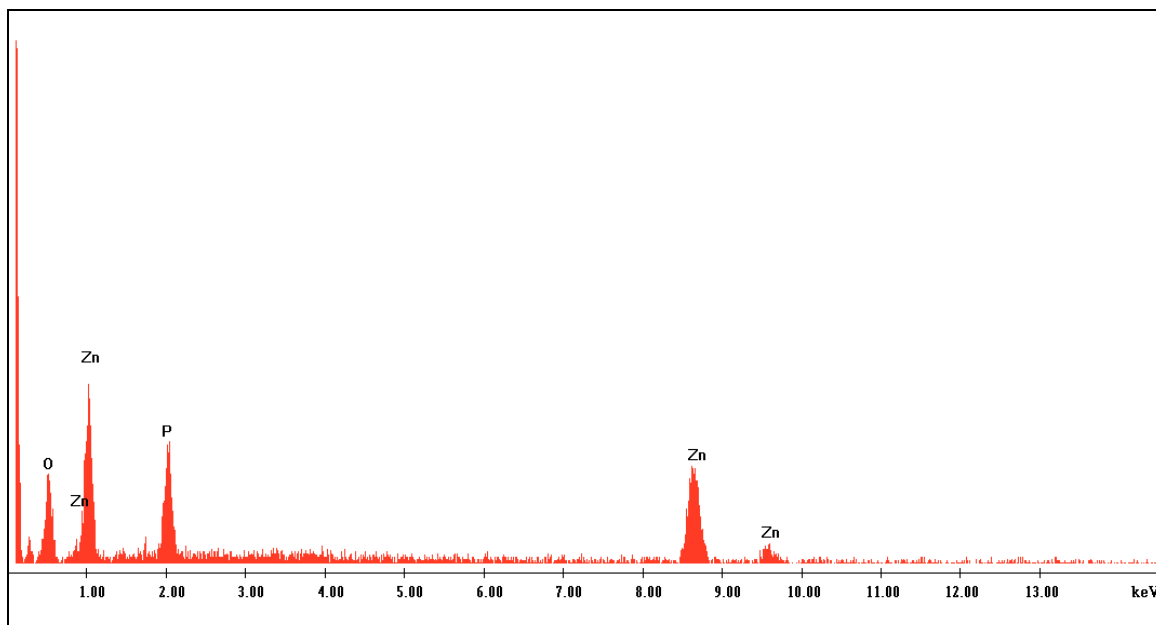
Tab. 7.4 – Chemická analýza povrchu (viz Obr. 7.4)

ZP10 mikročástice (Obr. 7.4)		
EDAZ ZAF Quantification, Standardless		
Element Normalized		
SEC Table: Default		
Element	Wt [%]	At [%]
O	33,05	61,22
P	16,73	16,01
Zn	50,22	22,77

7.2.3 Hodnocení povrchu vzorku ZP10 nanočástice



Obr. 7.6 – a) Zvětšení povrchu vzorku 5000x, b) označení plochy

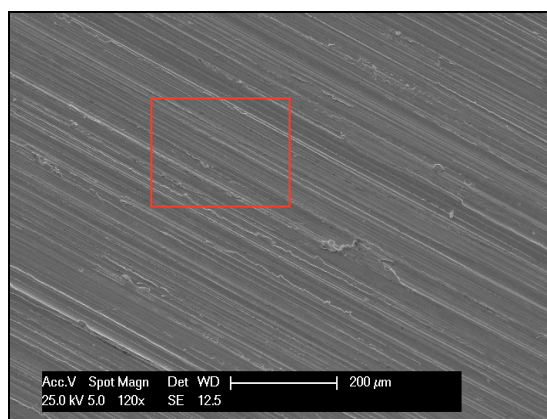
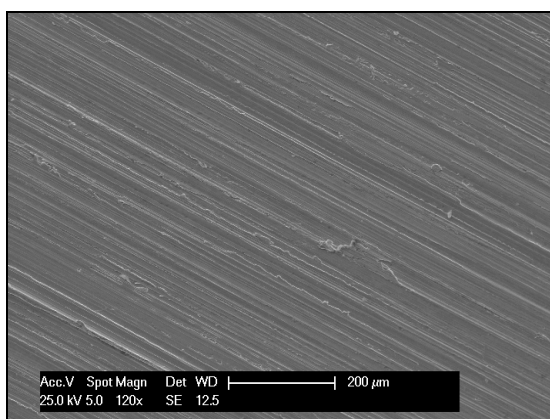


Obr. 7.7 – Chemická analýza povrchu (viz Obr. 7.6)

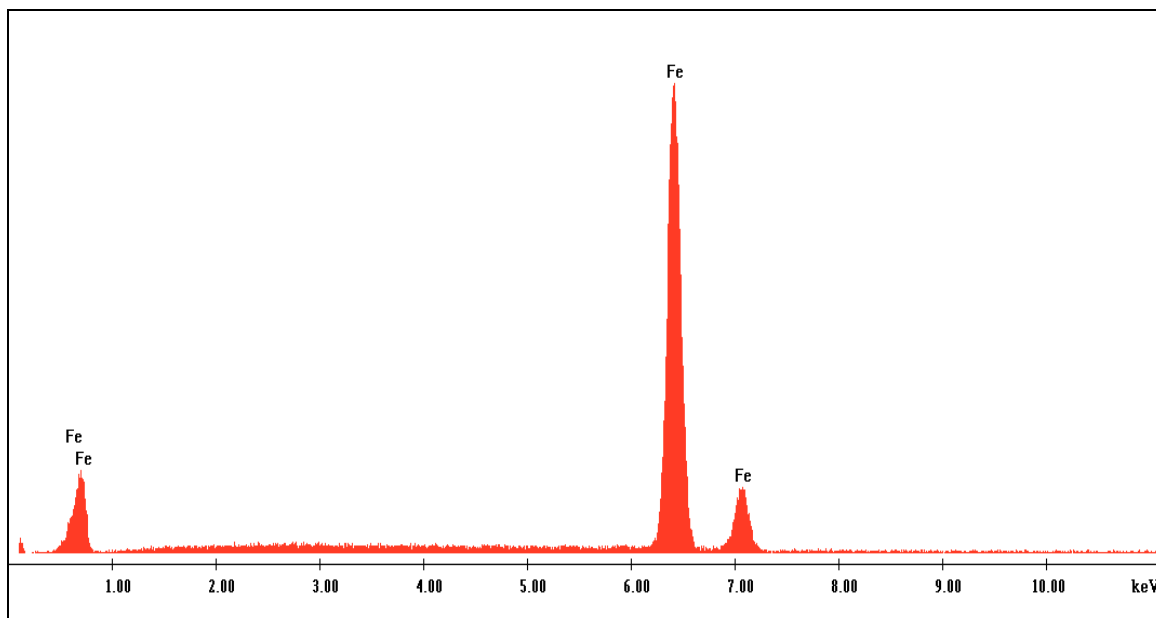
Tab. 7.5 – Chemická analýza povrchu (viz Obr. 7.6)

ZP10 nanočástice (Obr. 7.6)		
EDAZ ZAF Quantification, Standardless		
Element Normalized		
SEC Table: Default		
Element	Wt [%]	At [%]
O	38,36	66,61
P	15,24	13,67
Zn	46,4	19,72

7.2.4 Hodnocení povrchu vzorku plech standard



Obr. 7.8 – a) Zvětšení povrchu vzorku 120x, b) označení plochy



Obr. 7.9 – Chemická analýza povrchu (viz Obr. 7.8)

Tab. 7.6 – Chemická analýza povrchu (viz Obr. 7.8)

Plech standard (Obr. 7.8)		
EDAZ ZAF Quantification, Standardless		
Element Normalized		
SEC Table: Default		
Element	Wt [%]	At [%]
Fe	100	100

7.3 Prašnost povrchu vzorků dle ČSN ISO 8502 – 3

Principem zkoušky dle ČSN ISO 8502 – 3 se zjišťuje prašnost povrchu vzorku, za použití snímatelné samolepící pásky. Na povrch vzorku byl přilepen samolepící pásek, který byl lehce přitlačen k povrchu. Poté byla páska odlepena pod úhlem 180° a následně byla tato páska se zachyceným prachem nalepena na bílý papír. Z toho bylo provedeno vyhodnocení nečistot, které byly usazeny na pásce. Hodnocení množství prašnosti a velikost částic se provádí vizuálně porovnáním s odpovídající předlohou v tabulce. Podle tabulek bylo na podkladovém materiálu truba stanoveno množství prachu 5 (vysoká prašnost povrchu), a také velikost prachových částic 4 (částice mezi 0,5 a 2,5mm v průměru). Prašnost na podkladovém materiálu standard byl klasifikován stupněm čistoty 0, tedy nezaprášený povrch. Tabulky vyhodnocení prašnosti jsou uvedeny v příloze A.

7.4 Měření drsnosti povrchu vzorku dle ČSN ISO 4287

Před nanesením nátěru na povrch vzorků, jsme měřením zjistili drsnost povrchu. Při měření byl použit přístroj Mitutoyo Surf test – 301 (viz. Obr. 7.10) dle ČSN EN ISO 4287. Veškeré naměřené hodnoty byly zpracovány a zapsány do tabulek 7.7 a 7.8. Výpočtem jsem zjistila rozptyl (R_a a R_z).

Nastavení přístroje Mitutoyo Surf test – 301

- měření probíhalo dle ISO 1997
- $\lambda_c = 2,5\text{mm}$, $l = 12,5\text{ mm}$

λ_c ... filtr profilu – definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti

l ... délka měřeného úseku (dráha hrotu diamantového hrotu)



Obr. 7.10 – Mitutoyo Surftest – 301

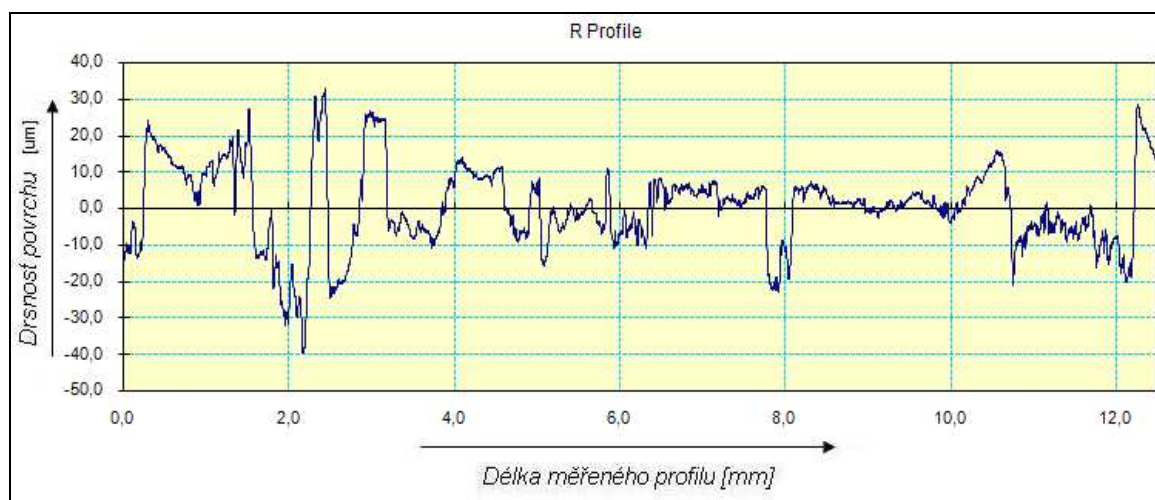
Měřené parametry drsnosti:

Ra	-aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky l_r [μm],
Rz	- součet výšky nejvyššího výstupku a hloubky nejnižší prohlubně v rozsahu délky l_r [μm],
Rq	- průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu [μm],
Rp	- nejvyšší výška výstupku profilu [μm],
Rv	- největší hloubka prohlubně profilu [μm],
Rsk	- šikmost posuzovaného profilu (součinitel asymetrie) [–],
Rku	- špičatost posuzovaného profilu [–],
l	- délka měřeného úseku [mm].

Tab. 7.7 – Naměřené hodnoty drsností na vzorku S355J2H (11 503)

Vzorek:	S355J2H – Podélně						
Parametry:	$\lambda c = 2,5 \text{ mm}, l = 12,5 \text{ mm}$						
Měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]
1	8,6	46,13	10,5	21,18	24,95	-0,43	3,39
2	6,27	34,01	7,69	14,78	19,23	-0,18	2,61
3	8,58	38,54	10,14	20,3	18,25	0,06	2,2
4	8,09	46,96	10,19	22,74	24,23	0,27	3,29
5	6,57	40,03	8,14	20,08	19,95	0,09	2,83
6	6,51	42,94	8,8	18,27	24,66	-0,68	4,22
7	5,92	37,31	7,42	14,55	22,76	-0,51	3,49
8	6,32	34,93	8,03	16,56	18,37	-0,06	2,92
9	4,84	37,41	7	22,28	15,14	0,88	5,37
10	6,92	37,46	8,52	18,25	19,2	0,09	2,58
Ø	6,862	39,572	8,643	18,899	20,674	-0,047	3,29

Výsledné průměrné hodnoty: $R_a = (6,862 \pm 14,504) \mu\text{m}$ $R_z = (39,572 \pm 83,642) \mu\text{m}$

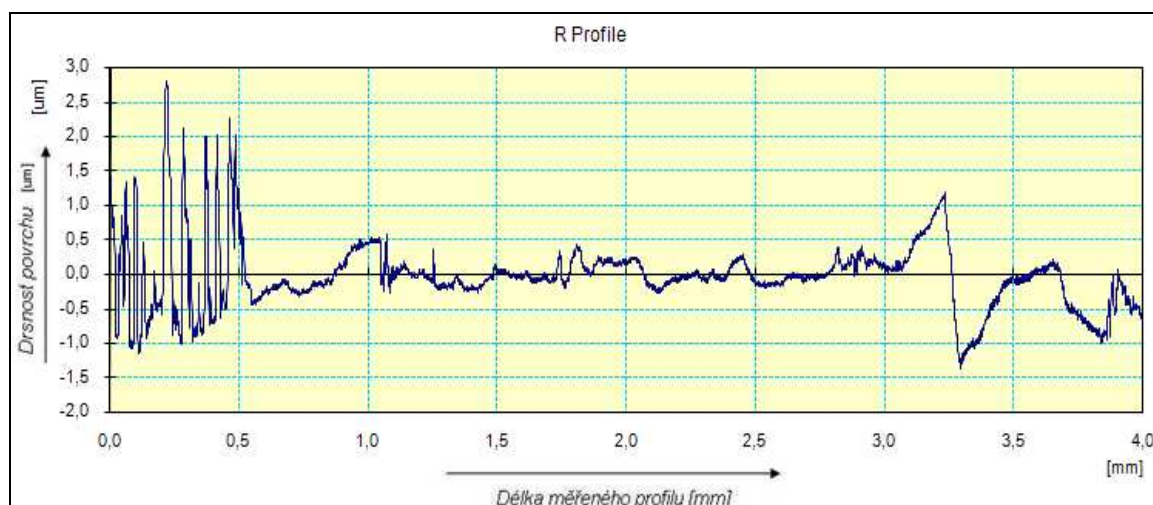


Obr 7.11 – Profil drsnosti vzorku truba

Tab.7.8 – Naměřené hodnoty drsností na vzorku Standard

Vzorek:	Standard – Podélně						
Parametry:	$\lambda c = 0,8 \text{ mm}, l = 4 \text{ mm}$						
Měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [μm]	Rku [-]
1	0,39	2,72	0,52	1,76	0,96	0,94	4,4
2	0,22	1,52	0,3	0,93	0,59	0,66	4,39
3	0,47	2,8	0,56	1,86	0,94	0,27	2,91
4	0,45	2,78	0,6	1,55	1,24	0,48	4,31
5	0,39	2,33	0,5	1,18	1,15	-0,21	3,09
6	0,6	3,59	0,8	1,76	1,82	-0,09	3,19
7	0,3	2,55	0,42	1,82	0,73	1,23	7,76
8	0,47	2,69	0,59	1,41	1,27	-0,03	3
9	0,23	1,48	0,31	0,85	0,63	-0,01	3,76
10	0,32	1,84	0,41	1,18	0,66	0,88	3,58
Ø	0,384	2,43	0,501	1,43	0,999	0,412	4,039

Výsledné průměrné hodnoty: $R_a = (0,384 \pm 0,812) \mu\text{m}$ $R_z = (2,43 \pm 5,136) \mu\text{m}$



Obr. 7.12 – Profil drsnosti vzorku standard

7.5 Stanovení tloušťky nátěru suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808

Všechny vzorky byly změřeny 10x po celé ploše. Toto měření se provádělo digitálním tloušťkoměrem ELCOMETER 456 (rozsah 0 – 1500 μ m). Veškeré změřené hodnoty byly zapsány do tabulky 7.9 a z každého změřeného vzorku jsem vypočítala aritmetický průměr.

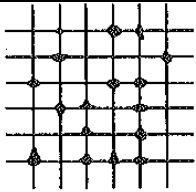
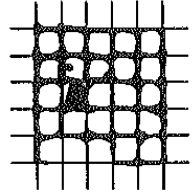
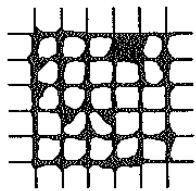
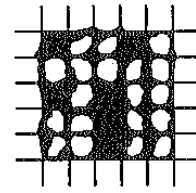
Tab. 7.9 – Průměrná tloušťka suché vrstvy nátěrového systému Standard a truba

Nátěrový systém	Číslo vzorku	Průměrná tloušťka []
Standard štětec	1	37,83
	2	29,38
	3	38,66
	4	35,48
Standard postřík	1	54,71
	2	46,39
	3	34,48
	4	42,13
Standard pravítko	1	27,78
	2	22,98
	3	25,91
	4	30,26
Truba štětec	1	27,18
	2	26,35
	3	26,64
Truba postřík	1	35,38
	2	38,13
	3	38,33


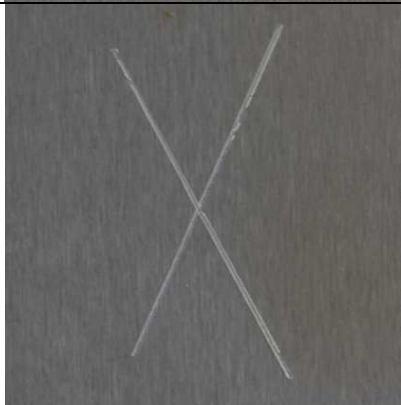
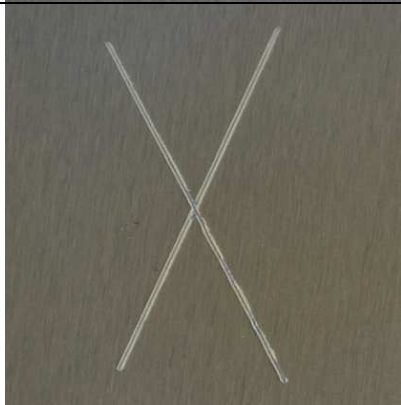
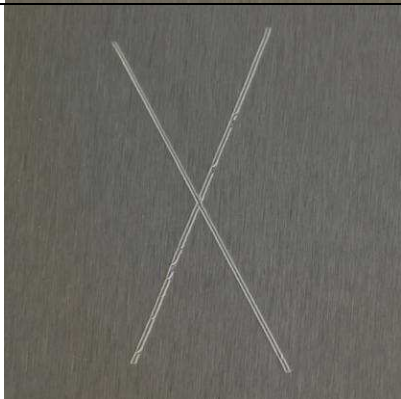
7.6 Mřížková zkouška a křížový řez dle ČSN EN ISO 16276 – 2

Mřížková zkouška a křížový řez byly provedeny na vybraných vzorcích jen z jedné strany materiálu. Na očištěný povrch nátěru bylo pomocí ostrého nože a vodící šablony vytvořeno celkem 6 řezů vodorovně a 6 řezů ve svislém směru (tím se nám na povrchu materiálu vytvořila mřížka). Rozestup řezu jsme volili na základě suché vrstvy nátěru dle ČSN EN ISO 2409 [8]. Řezy byly proříznuty až na základní materiál, abychom mohli zjistit stupeň poškození mřížky. Na vzniklé řezy byl přilepen samolepící pásek, který byl lehce přitlačen k povrchu. Po 5 minutách byla páska odlepena pod úhlem 60° a následně byla tato páska se zachyceným prachem nalepena na bílý papír. Na každém měřeném vzorku byly provedeny 2 křížové řezy a 2 mřížkové zkoušky. Hodnocení vzhledu plochy se provádí vizuálně porovnáním podle normy ČSN EN ISO 16276 – 2. [7]


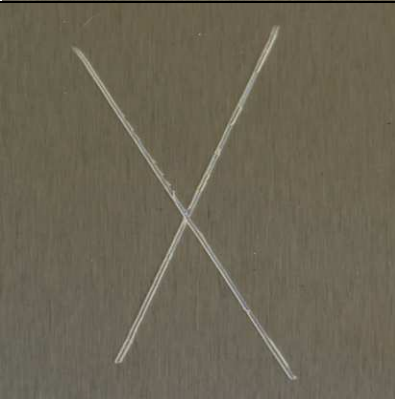
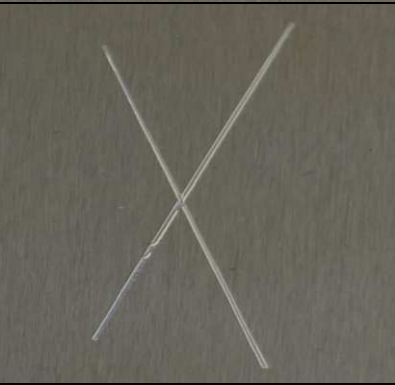

Tab. 7.10 – Klasifikace výsledků mřížkové zkoušky dle ČSN EN ISO 16276 – 2 [7]

Klasifikace	Popis	Vzhled plochy
0	Hrany řezů jsou zcela hladké; žádný čtverec mřížky není poškozen.	—
1	Malé kousky povlaku odloupnuty v místech křížení řezů. Poškozená plocha je menší než 5%.	
2	Povlak se odlupuje podél řezů a/nebo v místech křížení řezů. Poškozená plocha je větší než 5%, ale menší než 15%.	
3	Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech zcela a/nebo některé čtverce jsou odloupnuty částečně nebo zcela. Poškozená plocha je větší než 15%, ale menší než 35%.	
4	Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech zcela a/nebo některé čtverce jsou odloupnuty částečně nebo zcela. Poškozená plocha je větší než 35%, ale menší než 65%.	
5	Jakýkoliv stupeň odlupování, který nemůže být klasifikován ani stupněm 4.	—

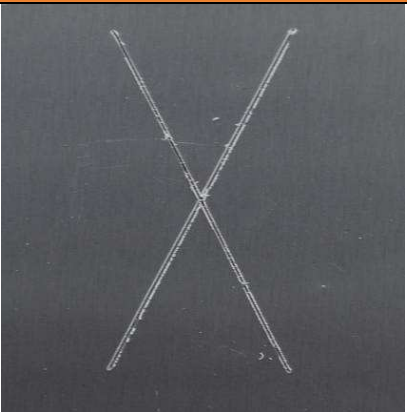
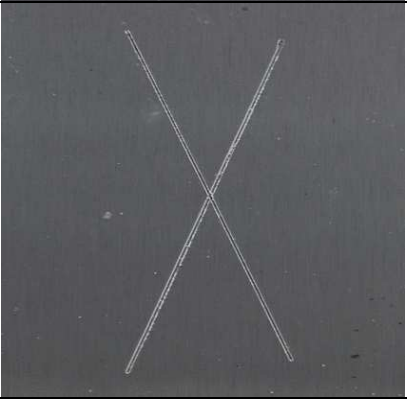
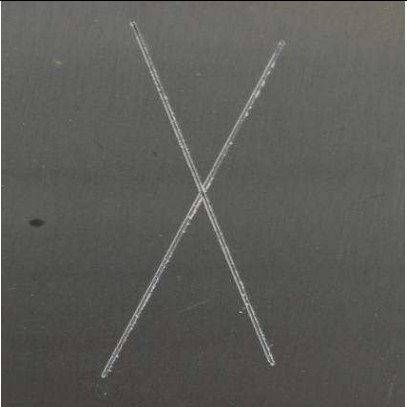

Tab. 7.11 – Výsledky křížového řezu – Standard štětec

Nátěrový systém	Číslo vzorku	Fotodokumentace	Klasifikace - křížový řez
Standard štětec	2		0
			0
	3		0
			0





Tab. 7.12 – Výsledky křížového řezu – Standard postřik

Nátěrový systém	Číslo vzorku	Fotodokumentace	Klasifikace - křížový řez
Standard postřik	2		0
			0
	3		0
			0





Tab. 7.13 – Výsledky křížového řezu – Standard pravítko

Nátěrový systém	Číslo vzorku	Fotodokumentace	Klasifikace - křížový řez
Standard pravítko	2		0
			0
	3		0
			0

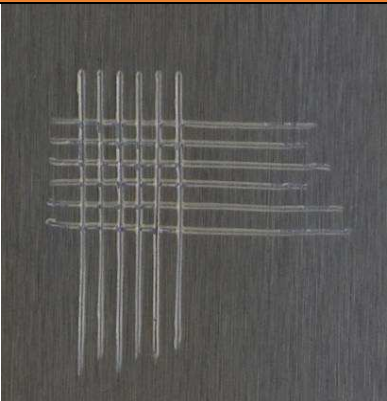

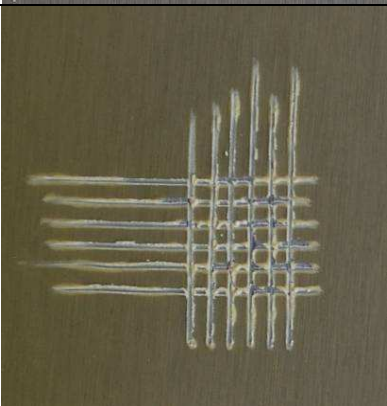
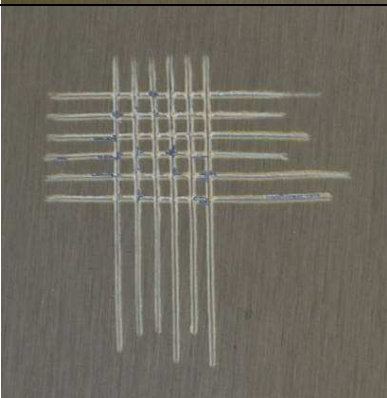
Tab. 7.14 – Výsledky křížového řezu – Truba štětec

Nátěrový systém	Číslo vzorku	Fotodokumentace	Klasifikace - křížový řez
Truba štětec	2		0
			2
	3		0
			2

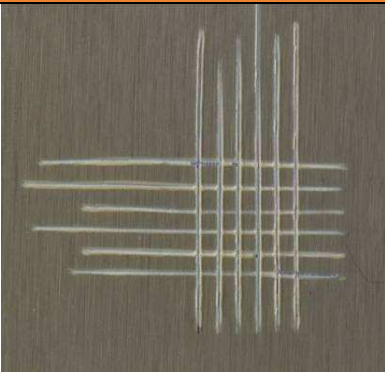
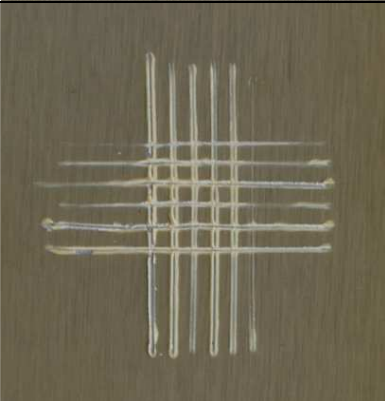
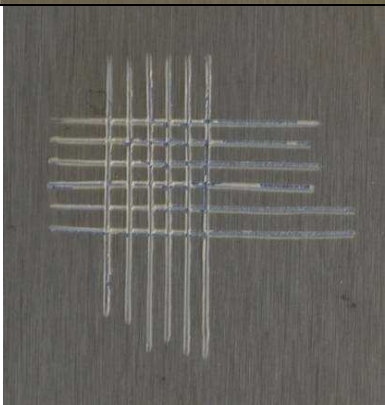
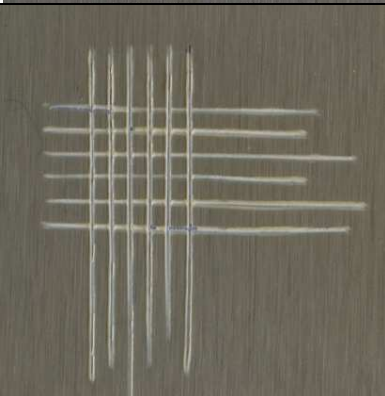
Tab. 7.15 – Výsledky křížového řezu – Truba postřík

Nátěrový systém	Číslo vzorku	Fotodokumentace	Klasifikace - křížový řez
Truba postřík	2		0
			0
	3		0
			0

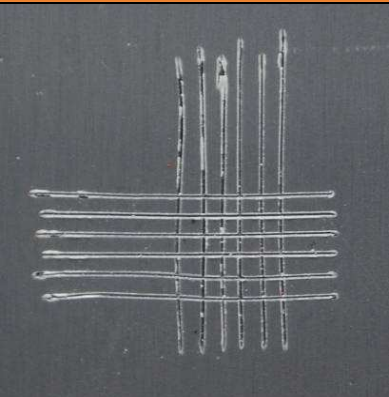
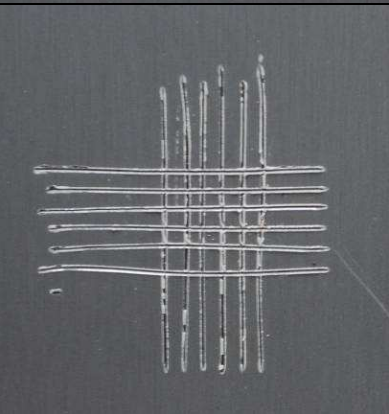
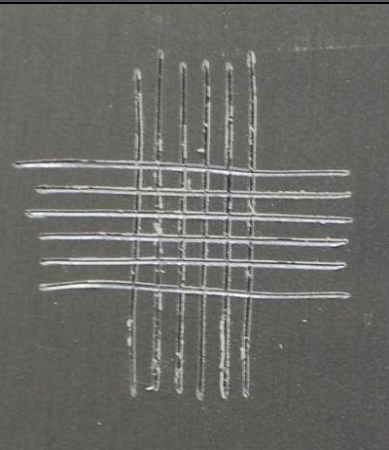
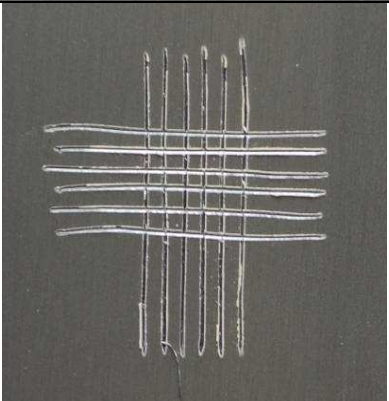
Tab. 7.16 – Výsledky mřížkové zkoušky – Standard štětec

Nátěrový systém	Číslo vzorku	Fotodokumentace	Klasifikace – mřížková zkouška
Standard štětec	2		0
			0
	3		0
			0

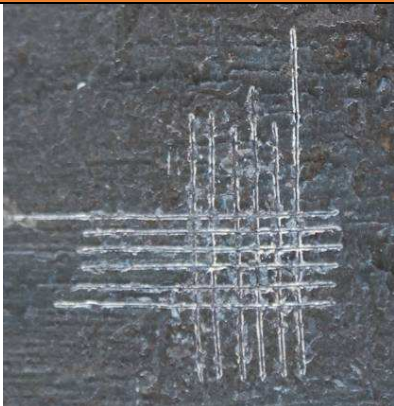
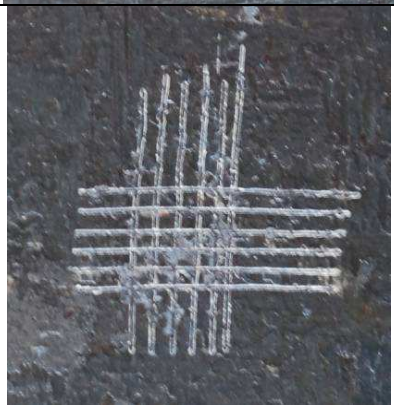
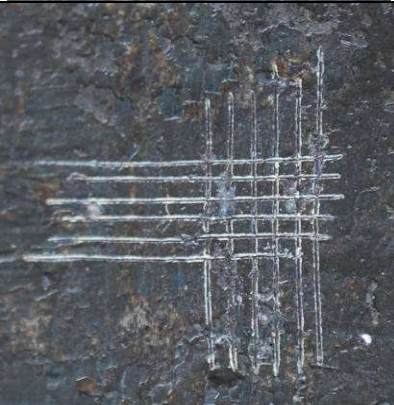
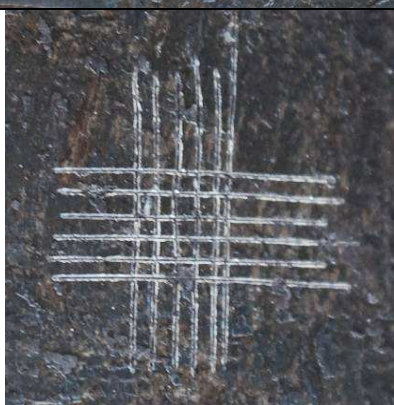
Tab. 7.17 – Výsledky mřížkové zkoušky – Standard postřik

Nátěrový systém	Číslo vzorku	Fotodokumentace	Klasifikace – mřížková zkouška
Standard postřik	2		0
			0
	3		0
			0



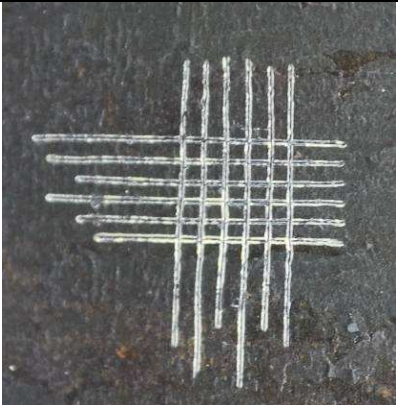

Tab. 7.18 – Výsledky mřížkové zkoušky – Standard pravítko

Nátěrový systém	Číslo vzorku	Fotodokumentace	Klasifikace – mřížková zkouška
Standard pravítko	2		0
			0
	3		0
			0

Tab. 7.19 – Výsledky mřížkové zkoušky – Truba štětec

Nátěrový systém	Číslo vzorku	Fotodokumentace	Klasifikace – mřížková zkouška
Truba štětec	2		3
			2
	3		2
			3

Tab. 7.20 – Výsledky mřížkové zkoušky – Truba postřík

Nátěrový systém	Číslo vzorku	Fotodokumentace	Klasifikace – mřížková zkouška
Truba postřík	2		2
			1
	3		0
			1

7.7 Nanoindentační zkouška

Základním principem nanoindentační zkoušky je vnikání tzv. „indentoru“ do zkoušeného materiálu. Úkolem této zkoušky je tedy určit základní mechanické vlastnosti zkoušeného materiálu na základě vniku indentoru. Zkouška probíhá jak při statickém působení indentoru, tak při dynamickém.

Tab. 7.21 – Základní parametry přístroje Ti 950

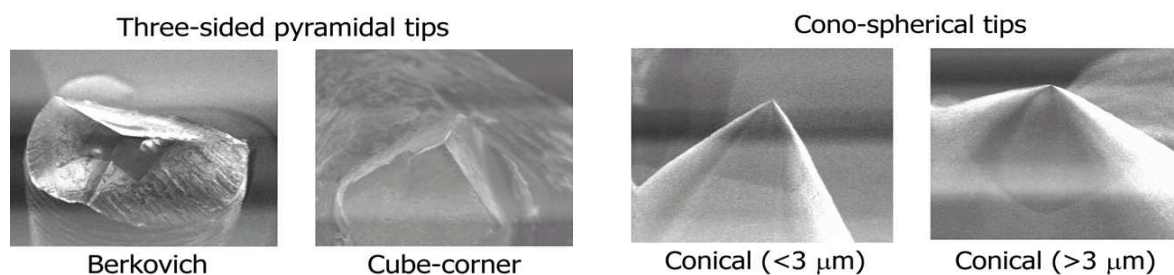
Parametry	Osa Z (Indentační osa)	Osa X (Scratch osa)
Maximální síla	10 mN	2 mN
Rozlišení - síla	1 nN	3 μ N
Maximální posun	5 μ m	15 μ m
Rozlišení - posun	0,04 nm	4 nm



Obr. 7.13 – přístroj Triboindenter Ti 950

Akustická a tepelná komora umožňuje testování za stabilních podmínek odpovídajícímu standardu ISO 14 577

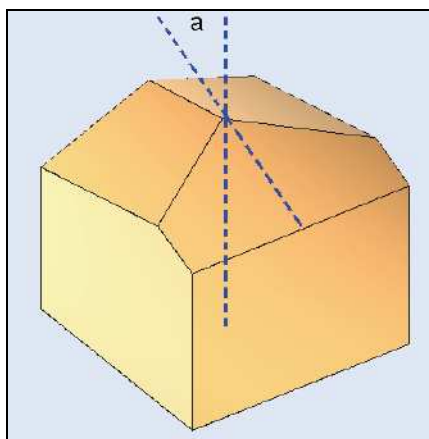
Identační hrot



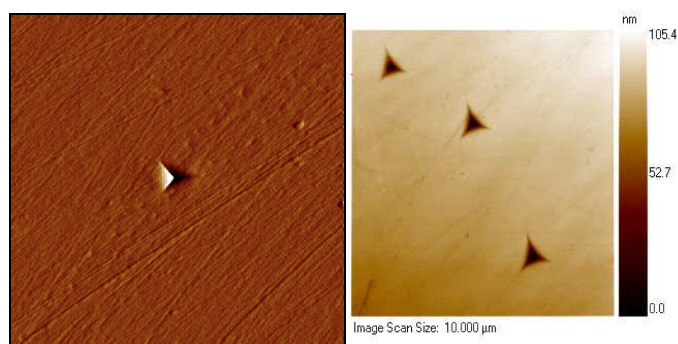
Obr. 7.14 – typy identačních hrotů

Využití:

- Velké vzorky kovů, keramiky, skla, biomateriálu
- Zkoušení tenkých filmů, hrubších než 100 nm
- SPM in – situimaging
- Výborný pro stanovení H, Er
- $\alpha = 65,35^\circ$



Obr. 7.15 – Berkovich indenter – použit u nanoindentační zkoušky

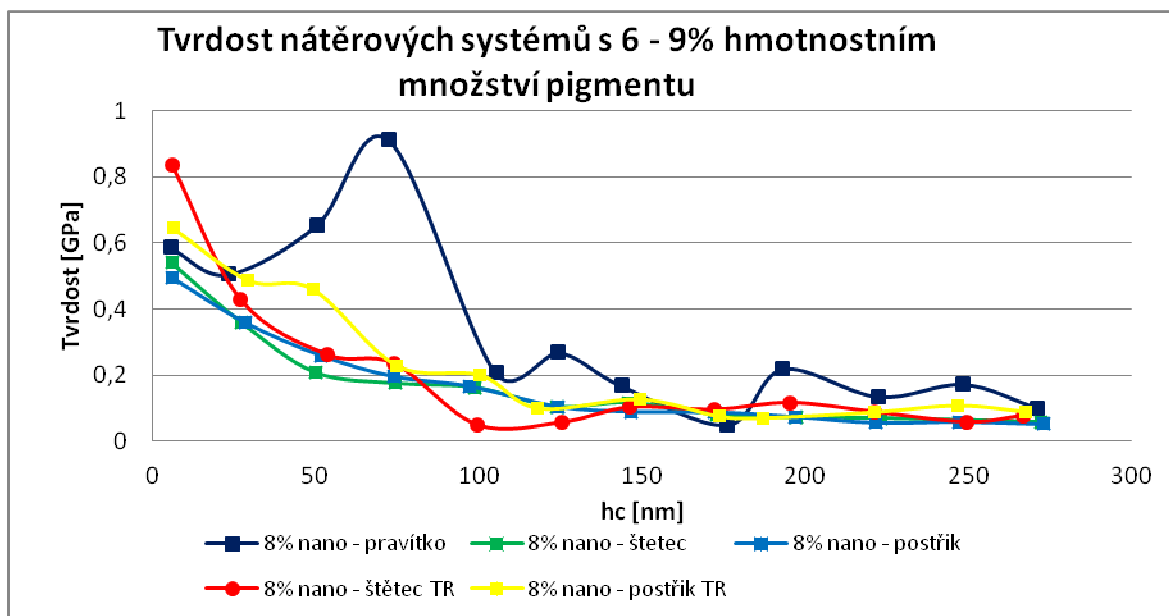


Obr. 7.16 – Princip metody při zkoušce

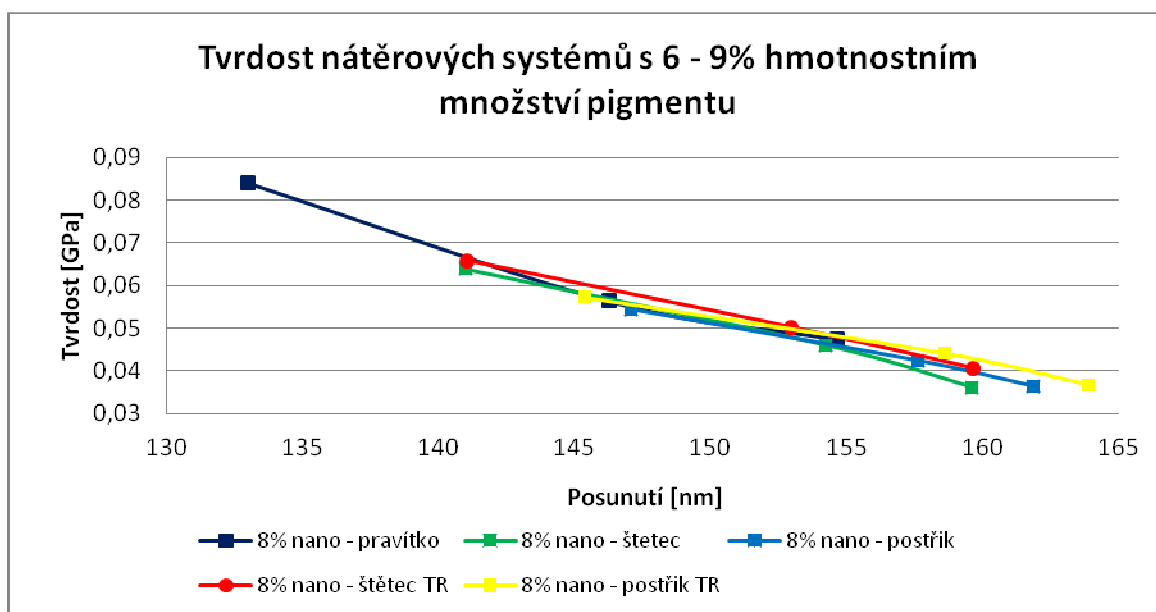
Metoda zkoušení nanoindentace (pomocí přístroje Triboindenter Ti 950) stanoví tvrdost a Youngův modul pružnosti v jednotlivých fázích jeho materiálu.

Výsledky zkoušky

Z nanoindentační zkoušky je patrné, že aplikace nátěrových systémů je závislá na použité aplikační technologii. Z naměřených hodnot v průběhu nanoindentace je patrná vyšší tvrdost nátěrových systémů aplikovaných nanášecí technologií pravítkem. Další technologie nanášení (štětcem a postřikem) vykazovaly řádově nižší tvrdost (cca 50MPa). Rozdílnost tvrdosti může být způsobená nerovnoměrným rozmístěním nanopigmentu vlivem sedimentace.



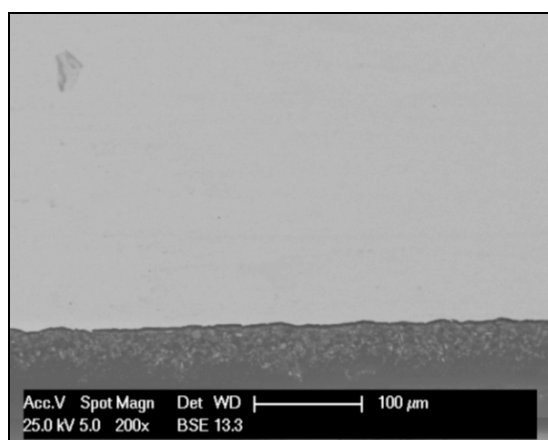
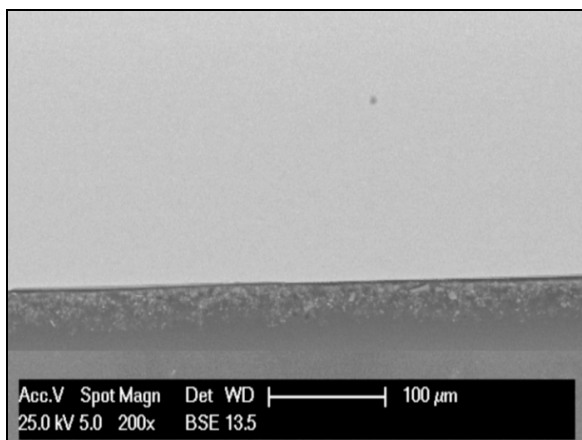
Graf 7.1 – Statická zkouška nanoindentace



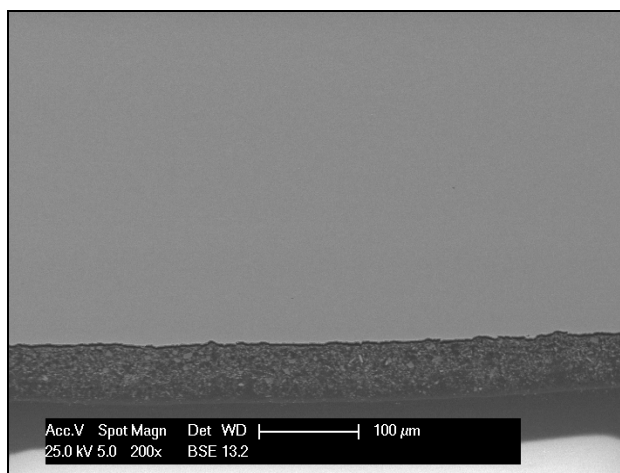
Graf 7.2 – Dynamická zkouška nanoindentace

7.8 Fázové rozhraní

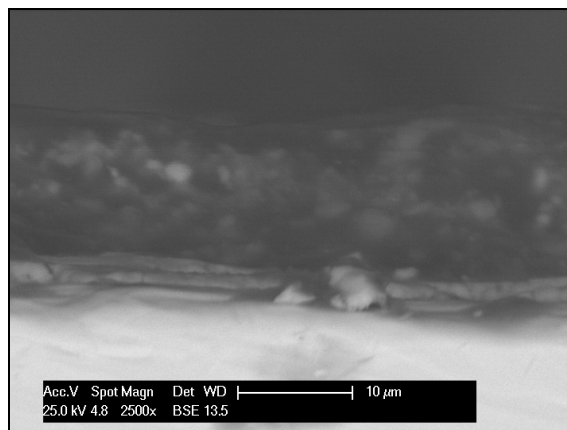
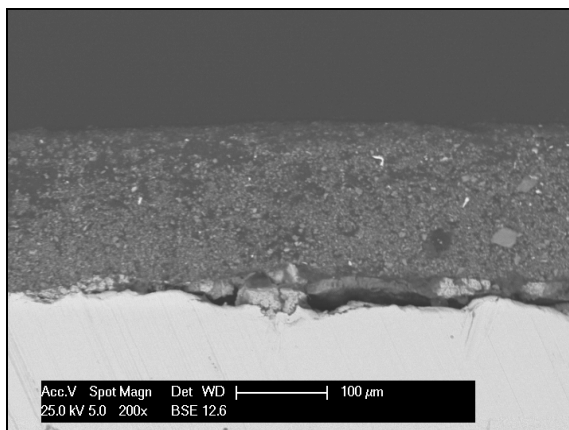
Studie fázového rozhraní byla prováděna pomocí elektronového mikroanalyzátoru EDAX, COU LEAP DETECTOR.



Obr. 7.17 – a) Standard postřik – zvětšení vzorku 200x, b) Standard štětec – zvětšení vzorku 200x,



c) Standard pravítko – zvětšení vzorku 200x



Obr. 7.18 – a) Truba postřik – zvětšení vzorku 200x, b) Truba štětec – zvětšení vzorku 2500 x

Na fázovém rozhraní ocelový podklad – nátěrem byl zaznamenán vliv sedimentace pigmentu fosforečnanu zinečnatého. U technologie nanášením štětcem a postřikem docházelo k shlukování pigmentu do větších celků, které postupně sedimentovaly k podkladovému kovu. Tento jev mohl být způsobený vnesením kinetické energie při technologii nanášením postřikem přímo na podkladový kov v průběhu aplikace (viz Obr. 7.17 – a), naopak u nanášení štětcem byla sedimentace podpořena „vtlačení“ pigmentu k podkladovému kovu (viz Obr. 7.17 – b). Technologie nanášením pravítkem vykazovala rovnoměrné rozmístění nanopigmentu, avšak stejně jako u předešlých technologií, byl zaznamenán shluk nanopigmentu do větších útvarů. Při nanášení nedocházelo k „zatlačení“ použitého nanopigmentu k podkladovému kovu. Pigment je rovnoměrně rozptýlen po celém průřezu vrstvy nátěru (viz Obr. 7.17 – c)

7.9 Korozní zkouška v solné mlze dle ČSN ISO 9227

Na zkušebním vzorku s nátěrem, který je opatřen řezem, se v okolí řezu může vyskytnout korozie. Do solné komory bylo vloženo 10 vzorků. Veškeré zkoušené vzorky v korozní komoře byly dány na stojánek, tak aby se nedotýkaly. Byla použita korozní komora typu Vötsch Indusritechnik. V korozní komoře byly vzorky vystaveny po dobu 0 – 72 hodin. Následně byly vzorky vytaženy z komory, opláchnuty vodou a 24 hodin se sušily.

7.10 Hodnocení puchýřkování povrchu dle ČSN EN ISO 4628 – 2

Tato norma ČSN EN ISO 4628 – 2 popisuje hodnocení stupně puchýřkování nátěrů, ve všech vystavených vzorcích v korozní komoře. Hodnocení puchýřků vzniklých na povrchu nátěru se porovnávají vizuálně za pomoci obrázků, které jsou dány v normě ČSN EN ISO 4628 – 2. [10] V korozní komoře byly vzorky vystaveny po dobu 0 – 72 hodin, pro vyhodnocení výsledků byla zvolena doba 24, 48 a 72 hodin. Veškeré hodnocení stupně puchýřkování u jednotlivých nátěrových hmot byly zapsány do tabulky 7.22. Fotodokumentace vzhledu povrchu zkoušeného materiálu jsou uvedeny v příloze D.

Doba vystavení [hod.]	Standard štětec	Standard postřik	Standard pravítko	Truba štětec	Truba postřik
24	2 (S2)	2 (S2)	2 (S2)	4 (S3)	3 (S4)
48	2 (S2)	3 (S2)	2 (S2)	4 (S4)	4 (S4)
72	2 (S2)	3 (S3)	2 (S3)	4 (S5)	5 (S4)

Tab. 7.22 – Stupeň puchýřků u jednotlivých nátěrových hmot

7.11 Degradace nátěrů dle ČSN EN ISO 4628 – 8 (zkouška řezem)

Hodnocení zkoušky řezem se porovnává vizuálně za pomoci obrázků, které jsou dány v normě ČSN EN ISO 4628 – 8. [11] Řez byl vodorovně proříznut až na základní materiál, abychom mohli zjistit stupeň poškození. Následně byly zkušební vzorky vloženy do korozní komory, kde byly ponechány po dobu 72 hodin a poté se vzorky vyhodnotily. Veškeré hodnocení zkoušky řezem u jednotlivých nátěrových hmot byly zapsány do tabulky 7.23. Fotodokumentace vzhledu řezu zkoušeného materiálu jsou uvedeny v příloze E.

Doba vystavení [hod.]	Standard štětec	Standard postřík	Standard pravítko	Truba štětec	Truba postřík
24	0	0	4	3	3
48	1	1	4	4	5
72	2	1	5	5	5

Tab. 7. 23 – Hodnocení zkoušky řezem

8 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zaměřuje na studium fázového rozhraní substrát – ochranný povlak. V teoretické části bylo mým úkolem prostudovat vlastnosti organických povlaků a sklokeramických povlaků, dále mechanismus adheze těchto povlaků k ocelovému substrátu.

Experimentální část byla zaměřena na přílnavost nátěrového systému na pětadvaceti vzorcích. Nátěry byly nanесeny na dva typy podkladových materiálů. První, broušený povrch standard, nevykazoval zamaštěný povrch. Druhý, nečištěný povrch trub, naopak vykazoval silně znečištěný povrch. První zkouškou jsme stanovili stupeň zaprášenosti povrchu vzorku, z výsledků zkoušky byla naměřena vysoká zaprášenost povrchu u podkladového materiálu trub. Broušený povrch standardu byl vyhodnocen stupněm čistoty 0 dle ČSN EN ISO 8502 – 3. Před nanесením nátěrového systému jsme stanovili drsnost povrchu na obou podkladech. Drsnost materiálu na standardu se pohybovala okolo $Ra = 0,384\mu\text{m}$ a truba měla drsnost $Ra = 6,862\mu\text{m}$.

Po nanесení transparentního nátěrového systému se na celé ploše měřila tloušťka suché vrstvy. Veškeré změřené hodnoty byly zapsány do tabulky 7.9 a z každého změřeného vzorku byl vypočten aritmetický průměr. Tloušťka suché vrstvy nátěrového systému se pohybovala v rozmezí hodnot $23\mu\text{m} - 55\mu\text{m}$.

Mřížkovou zkouškou a křížovým řezem jsme stanovili přílnavost nátěrového systému. Hodnocení vzhledu plochy se provádělo vizuálně porovnáním dle normy ČSN EN ISO 16276 – 2. Nátěrový systém aplikovaný na podkladový substrát standard byl klasifikován stupněm delaminace nula v okolí řezu. Naopak u podkladového materiálu trub byl zaznamenán stupeň 3. Podobně dopadla zkouška řezem. Standard byl klasifikován stupněm 0 a podkladový materiál trub byl hodnocen do stupně 2. U stupně 0 byly hrany řezů zcela hladké (žádný čtverec mřížky není poškozen) a tedy přílnavost nátěrového systému k substrátu je výborná. U druhého stupně dochází k odlupování povlaku podél řezů. Z výsledků lze stanovit vyšší přílnavost aplikovaného nátěrového systému na podklad standard. Nátěrový systém nanесený na podkladový materiál trub nebyl již tolerantní k zaprášení povrchu, tudíž jeho schopnost přílnavosti je omezená.

Nanoindentační zkouškou jsme se snažili stanovit mechanické vlastnosti nanесeného nátěrového systému v závislosti na použité aplikační technologii. Z výsledků je patrná vyšší tvrdost na povrchu nátěrové hmoty nanесená technologií pravítkem. Technologie nanášení postřikem a štětcem měly nižší tvrdost na povrchu nátěru. Rozdílná tvrdost

nátěrového systému mohla být způsobena nerovnoměrností rozmísení pigmentu u povrchu nátěru.

Při zkoušce fázového rozhraní nám u všech technologií nanášení docházelo ke shlukování pigmentu do větších celků, které postupně sedimentovaly k podkladovému kovu. Technologie nanášení pravítkem měla sníženou schopnost tvorby shluků nanočástic do větších útvarů na rozdíl od zbylých dvou technologií. Také promísení pigmentu bylo rovnoměrnější napříč řezem. Pro zabránění shluku nanočástic by bylo vhodné použít na nanočástice patřičný stimulant, který by zabraňoval shluku těchto částic. Všeobecně zkouška fázového rozhraní nám ukázala, že nátěrový systém vhodně přilnul k povrchu podkladového materiálu standard. Naopak podkladový materiál trub (S355J2H) vykazoval na hranici fázového rozhraní místy nezatečená místa důsledkem znečištění povrchu materiálu od okují a rzi.

Zkouškou v korozní komoře jsme zjišťovali korozní odolnost nátěrových systémů aplikovaných na obou podkladových materiálech. Dále jsme sledovali delaminaci nátěrového systému v průběhu vystavení korozní atmosféry. Hodnocení vzniku puchýřků na povrchu nátěru se porovnávají vizuálně za pomoci obrázků, které jsou dány v normě ČSN EN ISO 4628 – 2. Nátěrový systém nanesený na podkladový materiál trub vykazoval vznik puchýřků o vysoké četnosti a velikosti již po 24 hodinách vystavení. Následně i zkouška řezem byla porovnána vizuálně za pomoci obrázků, které jsou dány v normě ČSN EN ISO 4628 – 8. Nejhorších výsledků dosáhl nátěrový systém aplikovaný na podkladový materiál trub. Fotodokumentace puchýřků a zkoušky řezem jsou uvedeny v přílohách D a E.

U zkoušených materiálů vzorků trub a standard nátěrové systémy dobře přilnuly k povrchu. Nejvíce nám vyhovuje podkladový materiál standard nanesený technologií pravítkem. Na vzorcích trub jsme nemohli použít nanášení pravítkem, jelikož truba má zaoblený povrch a nanášení je nemožné. Proto by bylo vhodné zabránit shlukování nanočástic vhodným stimulantem při nanášení technologií postřikem případně štětcem.

LITERATURA

- [1] BUMBÁLEK, L.; BUMBÁLEK, B. *Pokrokové trendy v hodnocení textury povrchu* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: <http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/44_Bumbalek_VUTBR.pdf>.
- [2] KRAUS, V. *Povrch a jejich úpravy* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>>.
- [3] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2000. 156 s. ISBN 80-7078-953-0.
- [4] PODJUKLOVÁ, Jitka. *Speciální technologie povrchových úprav*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 1994. 76 s. ISBN 80-7078-235-8.
- [5] BOUŠE, V; KRAJINA, A; MORAVČÍK, A. *Smalty a jejich použití v protikorozi ochraně*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1986. 216 s. L16-B2-IV-31/62089
- [6] ČSN EN ISO 2808. *Nátěrové hmoty: Stanovení tloušťky nátěru*. Praha: ČNI, 2007.
- [7] ČSN EN ISO 16276 - 2. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku - Část 2: Mřížková zkouška křížový řez*. Praha: ČNI, 2008.
- [8] ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty: Mřížková zkouška*. Praha: ČNI, 2007.
- [9] ČSN EN ISO 9227. *Korozní zkoušky v umělých atmosférách - Zkoušky solnou mlhou*. Praha: ČNI, 2007.
- [10] ČSN EN ISO 4628 - 2. *Nátěrové hmoty: Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování*. Praha: ČNI, 2004. 16 s.
- [11] ČSN EN ISO 4628 - 8. *Nátěrové hmoty: Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 8: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu*. Praha: ČNI, 2005. 12 s.
- [12] VŠCHT Praha. *Úvod – Kovy a koroze* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: <http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/uvod.htm>.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A	Stupně zaprášenosti dle ČSN ISO 8502–3
Příloha B	Listy technických údajů – ZP10 nátěrový systém
Příloha C	Listy technických údajů – podkladový materiál
Příloha D	Obrázky zkoušeného materiálu v korozní komoře (puchýřkování)
Příloha E	Obrázky degradace nátěrů (zkouška řezem)

Poděkování

Touto cestou chci poděkovat své vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jitce Podjuklové, CSc., za umožnění provést tuto bakalářskou práci, a za její cenné rady a připomínky. Dále chci především poděkovat Ing. Petru Šrubaři za praktickou pomoc, odborné rady a informace při řešení experimentálních zkoušek.

Lenka Koldová